

UNIVERSITE DE NANCY

FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

THÈSES

présentées

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

pour l'obtention

DU GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES (NATURELLES)

par **André BLANCHOT**

1^{re} Thèse — Le Précambrien de Mauritanie occidentale (esquisse géologique).

2^{me} Thèse. — Proposition donnée par la Faculté.

Soutenues publiquement, le 5 octobre 1953, devant la Commission d'examen

JURY

MM. Marcel ROUBAULT,	Président
André VEILLET	} Examineurs
Georges MILLOT	
Maurice ROQUES	

DAKAR
GRANDE IMPRIMERIE AFRICAINE

1955

UNIVERSITE DE NANCY

FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

THÈSES

présentées

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

pour l'obtention

DU GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES (NATURELLES)

par **André BLANCHOT**

1^{re} Thèse. — Le Précambrien de Mauritanie occidentale (esquisse géologique).

2^{me} Thèse. — Proposition donnée par la Faculté.

Soutenues publiquement, le 5 octobre 1953, devant la Commission d'examen.

JURY

MM. Marcel ROUBAULT,	Président
André VEILLET	} Examineurs
Georges MILLOT	
Maurice ROQUES	

DAKAR
GRANDE IMPRIMERIE AFRICAINE

1955

FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

THÈSES

À LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY

PAR M. BLANCHOT
DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES



UNIVERSITE DE NANCY

FACULTE DES SCIENCES

Doyen	MM. URION.
Assesseur	RÉMY.
Doyen honoraire	HUSSON.

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES MM. DELAPORTE, RAUX, LIENHART.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. CARTAN, GUYOT, DARMOIS, CROZE, DARMOIS G., GUTTON, RAYBAUD, GAIN, FALLOT, HUSSON, LAFFITTE, JOLLY, BOUIN, MAUDUIT, LERAY, DONZELOT, COURTOT, CAPELLE, LAPORTE, EICHHORN.

PROFESSEURS

Chimie organique	MM. CORNUBERT.
Minéralogie	LONGCHAMBON.
Physique	DE MALLEMAN.
Physique	CHEVALIER.
Chimie	URION.
Analyse supérieure	DELSARTE.
Zoologie	RÉMY.
Géologie	ROUBAULT.
Chimie générale	LETORT.
Mécanique rationnelle	DIEUDONNÉ.
Chimie industrielle	GUÉRIN.
Mathématiques appliquées	GAUTHIER.
Chimie physique	DODE.
Biologie	VEILLET.
Chimie théorique	BARRIOL.
Botanique	ECHEVIN.
Chimie organique industrielle	WAHL.
Electrotechnique	GOUDET.
Physique appliquée	OLMER.
Physique	BIZETTE.
Mathématiques	GODEMENT.
Minéralogie	BOLFA.
Physique	CHAPELLE.

MAITRES DE CONFERENCES

Chimie	MM. DUBOIS.
Physique	GUILLIEN.
Botanique	WERNER.
Chimie minérale	BESSON.
Chimie biologique	DAVID.
Physique de l'état métallique	FÈVRE.
Physicochimie industrielle	GIBERT.
Géochimie	MILLOT.
Radiotechnique	FRUHLING.
Physiologie	GAYET.
Géologie de la Lorraine	AVIAS.
Secrétaire	LAPOINTE.

SOMMAIRE

PAGES

AVANT-PROPOS	15
CHAPITRE I. — GENERALITES	19
Aperçu géographique	19
Les dunes	19
Les dunes vives du Sud	19
L'Akchar	20
L'Azefal	20
Les rags	20
Amlil Bou Kerch et Ifozuiten	20
Inchiri	20
Les rags du nord et de l'ouest	20
Les pluies	21
Les points d'eau	21
Dayas	21
Gueltas	21
Aïn	21
Oglats	21
Grands puits (Bir)	22
La population	22
Conditions de pénétration et de travail	23
Travaux antérieurs	25
CHAPITRE II. — GRANDES UNITES GEOLOGIQUES	29
CHAPITRE III. — LA SERIE DE L'AMSAGA — ETUDE GENERALE.	31
Descriptions pétrographiques	32
Quartzites	32
Roches métamorphiques dérivant de sédiments calcaires.	33
Cipolins et calcaires à minéraux	33
Amphibolites associés aux calcaires métamor- phiques	34
Gneiss à diopside	34
Caractères chimiques des roches calcaires déri- vant de sédiments calcaires	36

	PAGES
Micaschistes	37
Amphibolites feldspathiques non liées aux calcaires métamorphiques	38
Gneiss	38
Gneiss à cordiérite et sillimanite	38
Extension géographique	38
Description macroscopique	39
Description microscopique	39
Analyses chimiques	39
Leptynites	42
Description macroscopique	42
Extension géographique	42
Description microscopique	42
Analyses chimiques	43
Gneiss calcoalcalins à biotite	43
Extension géographique	43
Description macroscopique	43
Description microscopique	47
Analyses chimiques	49
Gneiss à hypersthène	51
Extension géographique	51
Description macroscopique	51
Description microscopique	53
Analyses chimiques	56
Description des zones de contact des roches précédentes.....	59
Contact des gneiss à cordiérite et sillimanite et des leptynites grenatifères	59
Contact des gneiss à cordiérite et sillimanite (et des leptynites) avec les quartzites	59
Contact des gneiss à cordiérite et sillimanite et des leptynites avec les gneiss à biotite	61
Contact des gneiss à cordiérite et sillimanite avec les gneiss à hypersthène	62
Contact des quartzites ferrugineux avec les gneiss à biotite et les gneiss à hypersthène	65
Interprétation Pétrographique	66
Origine des schistes cristallins de la Série de l'Amsaga.	66
Origine des quartzites ferrugineux	66
Origine des gneiss à diopside	66
Origine des micaschistes	67

Origine des amphibolites feldspathiques	67
Origine des gneiss à cordiérite et sillimanite..	67
Origine des leptynites	71
Origine des gneiss à biotite	71
Origine des gneiss à hypersthène	71
Comparaison entre les gneiss à hypertssthène de Mauri-	
tanie Occidentale et ceux d'autres régions du Monde.	75
Inde	75
Norvège	77
Finlande	79
Uganda	79
Côte d'Ivoire	81
Conclusion	83
Relations chronologiques existant entre les différentes	
roches de la série de l'Amsaga	90
Relations existant entre les gneiss à cordiérite	
et sillimanite et les leptynites	90
Relations existant entre les gneiss à cordiérite	
et sillimanite et les quartzites	90
Relations existant entre les gneiss à biotite et	
les gneiss à hypersthène	91
Relations existant entre les roches dérivant de	
sédiments métamorphisés et les gneiss d'ori-	
gine ignée	91
Conclusions	91
Remarques sur les faciès profonds de métamorphisme	
de la série de l'Amsaga	92
Tectonique de la Série de l'Amsaga	101
Contact de la Série de l'Amsaga et du Primaire	102
CHAPITRE IV. — <i>SERIE DE L'AMSAGA — ETUDE PARTICULIERE</i>	
<i>DE LA KOEDIA IDJIL</i>	103
Etude lithologique	103
Les quartzites	103
Les schistes	104
Les grès du Dhala el Amra	104
Les intrusions	104
Structure de la Koedia	104
Structure générale	104
Coupe au défilé de Tazadit	105
Nature de la brèche d'Idjil	106
Terminaison occidentale de la Koedia	107
Gisement de fer de la Koedia	109

CHAPITRE	V. — <i>LA SÉRIE D'AKJOUJT</i>	113
	La Série d'Akjoujt dans l'Inchiri	113
	Les schistes	113
	Les micaschistes et les gneiss	115
	Les quartzites	115
	Quartzites ferrugineux	115
	Quartzites non ferrugineux	116
	Les Cipolins	116
	Les Roches vertes	116
	La Série d'Akjoujt au sud de l'Amatlich	118
	Description pétrographique	118
	Les schistes	118
	Les micaschistes	118
	Les quartzites non ferrugineux	118
	Les quartzites ferrugineux	119
	Les cipolins	119
	Relations existant entre la Série d'Akjoujt s.s. et les roches du Sud de l'Amatlich	119
	Roches du Tasiast et du Tijirit rattachées à la Série d'Akjoujt.	119
	Description pétrographique	119
	Enclaves dans les roches basiques	119
	Enclaves au milieu des granites	120
	Age de ces enclaves	122
	Extension de la Série d'Akjoujt	122
	Tectonique de la Série d'Akjoujt	123
	Synclinal d'Akjoujt	123
	Synclinal des Tamochent	123
	Relations entre le métamorphisme et la tectonique de la Série d'Akjoujt	124
	Discordance de la Série d'Akjoujt sur la Série de l'Amsaga..	124
	Relations de la Série d'Akjoujt et du complexe de base cambrien	125
CHAPITRE	VI. — <i>LES GRANITES POSTERIEURS A LA SÉRIE D'AKJOUJT</i>	127
	Description pétrographique des différents types	127
	Granite grenu du type Tijirit	127
	Extension	127
	Description macroscopique	129
	Description microscopique	129
	Analyses chimiques	130

	PAGES
Granite porphyroïde	133
Extension	133
Description macroscopique	133
Description microscopique	133
Analyses chimiques	134
Granite leucocrate	135
Extension	135
Description macroscopique	135
Description microscopique	135
Analyses chimiques	137
Pegmatites	139
Contact des granites à grain moyen et des granites porphyroïdes	141
Contact des granites à biotite et des granites leucocrates.	141
Mylonitisation marginale	141
Description	141
Répartition de ces mylonites	143
Relations existant entre les différents types de granites	144
Relations existant entre les granites à grain moyen et les granites porphyroïdes	144
Relations existant entre les granites à biotite et les granites leucocrates	144
Interprétation des analyses chimiques	145
Paramètres de Lacroix	145
Paramètres de Niggli	146
Contacts du granite avec les roches de la Série de l'Amsaga..	150
Description :	151
Contact des granites avec les quartzites ferru- gineux	151
Contact du granite avec les calcaires métamor- phiques	152
Contact du granite avec les micaschistes d'Aoui- net em Mlis	152
Contact du granite avec les gneiss à cordiérite et sillimanite	153
Contact du granite avec les leptynites grena- tifères	156
Contact du granite avec les gneiss calco-alcalins à biotite	157
Contact de granite avec les gneiss à hypersthène.	159
Etude chimique du contact des gneiss à sillimanite et cordiérite avec les granites	159

	PAGES
Contact du granite avec la Série d'Akjoujt - Auréole d'Agueli Sidi	161
Description :	161
Aperçu général sur l'horizon d'Agueli Sidi...	161
Description des roches	162
Interprétation géologique de l'horizon d'Agueli Sidi	166
Pénomènes comparables à ceux d'Agueli Sidi.	167
Etude chimique du contact des roches de la Série d'Akjoujt et des granites	168
Relations du granite et du Primaire - Age des granites	169
 CHAPITRE VII. — <i>LES ROCHES BASIQUES</i>	 171
Vue générale	171
Roches basiques à faciès schisteux ou amphibolitiques	172
Description pétrographique	172
Interprétation des faits	174
Métamorphisme au contact de ces roches	175
Les gabbros et dolérites frais	176
Age des roches basiques	177
 CHAPITRE VIII. — <i>FILONS ET INDICES MINERALISES</i>	 179
Les filons de quartz	179
Gisement cuprifère de Guelb Moghreïn	180
Carte géologique	183
— les schistes	183
— les amphibolites	183
— le quartz filonien	184
— les formations ferrugineuses	184
— les minéraux cuprifères	184
Echantillonnage	184
Prospection géophysique	185
Sondages	185
Age et nature de la minéralisation	186
Indices cuprifères de l'Oued Jennin et des massifs de Bou Siroual, Araguib, Akouéjat	187
Oued Jennin	187
Kilomètre 14	187

	PAGES
Autres gisements	190
Conclusions	190
Autres indices minéralisés	190
Concentrés	190
CHAPITRE IX. — <i>LA QUESTION DES SERIES INTERMEDIAIRES EN MAURITANIE OCCIDENTALE</i>	193
CHAPITRE X. — <i>RESUME DE L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA MAURITANIE OCCIDENTALE</i>	195
CHAPITRE XI. — <i>COMPARAISON DU PRECAMBRIEN DE MAURI- TANIE OCCIDENTALE AVEC LE PRECAM- BRIEN DES PAYS VOISINS</i>	196
Avec le Précambrien d'Afrique occidentale	196
Le socle gneissique	196
Le Birrimien	197
Les granites	198
Les Séries intermédiaires	200
Les Roches basiques	200
Avec le Précambrien du Sahara central	200
Avec le Précambrien du Maroc français	202
Avec le Précambrien du Rio de Oro	203
BIBLIOGRAPHIE	205
COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES LIEUX CITES	211
TABLE DES FIGURES	307
TABLE DES PLANCHES	309

AVANT-PROPOS

Lorsqu'en janvier 1945, M. G. ARNAUD, alors Directeur des Mines de l'A.O.F., me chargea de la reconnaissance des formations précambriennes de Mauritanie occidentale, je fus loin d'être débordant d'enthousiasme : mon rêve de jeune géologue débarquant à Dakar était de travailler en Afrique Noire et j'étais déçu de me voir assigner ce champ d'action. D'autre part, la Mauritanie jouissait alors à la Direction des Mines, d'une réputation assez mauvaise : le ravitaillement y était difficile, la résidence interdite aux familles, mon prédécesseur, F. JACQUET, avait été, ainsi qu'en témoigne la plaque bien en évidence à l'entrée du Service, assassiné par ses partisans dans la région d'Akjoujt dont l'étude m'était spécialement confiée...

Depuis, ma déception s'est changée en enthousiasme et je ne saurais trop louer l'heureuse fortune qui m'échut avec cette mission en Mauritanie. C'est là un pays idéal pour un jeune géologue rêvant d'observations nouvelles et de voyages aventureux : très peu de choses étaient connues sur la géologie de cette vaste région où les affleurements sont nombreux, bien découpés, les roches saines et variées ; en Mauritanie, l'austérité des conditions de vie est compensée par une franche camaraderie, une « ambiance et une hospitalité mauritaniennes » que chacun a l'orgueil de faire régner. Quelle joie d'être chaleureusement accueilli dans un groupe nomade après plusieurs jours de tournée, peut-être pénibles mais féconds en observations !

Je suis devenu « un Mauritanien convaincu » et ma reconnaissance va d'abord à ce territoire où j'ai peiné mais qui a été pour moi une telle source de satisfaction.

Mais je dois aussi beaucoup aux Maîtres qui m'ont enseigné la science des roches, à mes supérieurs qui m'ont tant facilité mon travail sur le terrain et la rédaction de ce mémoire, à mes amis, Français ou Maures, qui m'ont aidé dans les sables du désert ou dans les laboratoires de Dakar ou de France et je tiens, dans les lignes suivantes, à leur formuler ma reconnaissance la plus sincère.

Je remercie respectueusement M. le Haut Commissaire de la République, Gouverneur Général de l'A.O.F., qui a eu la bienveillance de m'autoriser à utiliser, pour ce travail, mes notes, mes observations et mes échantillons, propriétés matérielles et scientifiques du Gouvernement Général de l'A.O.F. C'est grâce aux crédits qu'il a mis à la disposition de la Direction des Mines que j'ai pu organiser mes différentes missions en Mauritanie et que je puis, maintenant, publier cet ouvrage. Je serais bien ingrat si je ne savais apprécier le coût de telles recherches dans cette période si rude aux chercheurs scientifiques et les facilités exceptionnelles que j'ai trouvées.

Je ne saurais trop vivement montrer ma gratitude aux Professeurs qui m'ont appris à étudier et, mieux, à aimer les roches. M. M. ROUBAULT, Directeur de l'Institut de Géologie Appliquée de Nancy, — devenu depuis Ecole Supérieure Nationale d'Ingénieurs —, ne m'a pas seulement enseigné la géologie classique, mais également la richesse et la diversité des problèmes que posent les roches éruptives et métamorphiques, il m'a appris aussi la beauté du métier de géologue, m'a donné le goût de la recherche en pays lointains et m'a communiqué une part de son enthousiasme et de son optimisme.

C'est à Dakar que j'ai rencontré M. M. ROQUES, alors qu'il rentrait malade et exténué d'une longue tournée à travers toute l'A.O.F. Malgré sa fatigue extrême et la fièvre qui ne le quittait guère, il réunissait chaque soir, dans sa chambre, les jeunes géologues fraîchement

débarqués et, au cours de bavardages pleins d'humour, nous initiait à la géologie de l'Afrique occidentale et à l'art si subtil de la vie en brousse. Depuis, il est resté pour moi un Aîné qui, avec la bonté que tous lui connaissent, m'a toujours assisté de ses conseils sagaces et avisés.

M. G. MILLOT a également largement contribué à ma formation géologique quand il était mon chef de travaux à la Faculté de Nancy. Depuis, il a bien voulu me traiter en ami et j'ai pu apprécier vivement son aide, à maintes reprises, dans des domaines bien différents.

L'enseignement et les conseils éclairés de ces savants ont été complétés par la bienveillance de mes supérieurs et c'est grâce à ce concours que j'ai pu réaliser le travail que je présente ici. M. P. LEGOUX, Inspecteur Général des Mines et de la Géologie de la F.O.M., M. A. OBERMULLER, Géologue en Chef au Département, ont permis de compléter ma documentation par des missions au laboratoire de Géologie de Nancy, sur la bordure métamorphique du Massif Central et dans le Sud marocain. Au cours de cette dernière mission, j'ai eu le plaisir de rencontrer M. G. CHOUBERT, dont la compréhension affectueuse et attentive me fait entrevoir, pour les années à venir, de nouveaux buts de recherches sur le Précambrien de Mauritanie.

MM. ARNAUD, MARELLE, MURARD, GADILHE, qui se sont succédés à la Direction des Mines de l'A.O.F., m'ont témoigné, à tout moment, un sentiment dont je leur serai toujours reconnaissant : la confiance. J'ai pu organiser mon travail à mon gré, élaborer puis démolir les plus diverses hypothèses grâce à la compréhension de mes Chefs qui, par ailleurs, faisaient leur possible, dans les périodes difficiles de l'immédiat après-guerre, pour m'assurer toute l'aide matérielle possible et pour, d'autre part, réduire au maximum les formalités nécessairement inhérentes à la marche d'une administration.

C'est le Bulletin de la Direction des Mines de l'A.O.F. qui me donne l'hospitalité pour la publication si onéreuse de ce travail et c'est pour moi une nouvelle obligation de me dévouer à cet organisme. A tous ces Chefs, je ne saurais trop exprimer ma gratitude.

En Afrique, la durée des missions tient le géologue éloigné du laboratoire pendant plusieurs mois. Mon confrère L. BODIN a remédié à cette situation en étudiant en lames minces, au laboratoire de Dakar, alors que j'étais sur le terrain, de nombreux échantillons dont la détermination m'était précieuse. Il a ainsi suivi les progrès de mon travail et, bien souvent, j'ai eu recours à sa grande culture géologique, à ses connaissances de minéralogiste, et à son étonnante mémoire. Je lui dois beaucoup et je le remercie de toute son aide.

M^{me} B. MARTINET, Chimiste de la Direction des Mines, qui a fait, — et bien souvent refait pour les confirmer —, la plupart de mes analyses de roches, est une camarade, à la compétence si aimable, à laquelle je tiens à adresser un hommage particulier.

Je remercie également tous mes camarades, Géologues de la Direction des Mines, qui m'ont aidé de leurs conversations, de leurs critiques, leurs travaux et leur amitié.

Cette aide, dans le domaine scientifique, a été complétée, dans le domaine matériel, par celle que m'ont largement dispensée les Officiers et Sous-Officiers de Mauritanie. Lors de mon travail sur le terrain, ce territoire était encore pourvu d'une administration militaire et tant dans les postes que dans les Groupes Nomades, j'ai rencontré cette camaraderie simple, spontanée et franche, cette aide désintéressée que l'on ne trouve que dans les pays déshérités. Parmi tous ces amis, je pense spécialement aux Capitaines MOULINAS, PFISTER, COMBES et BOCQUET, au Lieutenant DELON, aux Adjudants GERVOIS, CLEMENT, CHEVALIER, FRATACCI... Mais si je m'abandonne à mes souvenirs, quelle longue liste pourrais-je dresser !

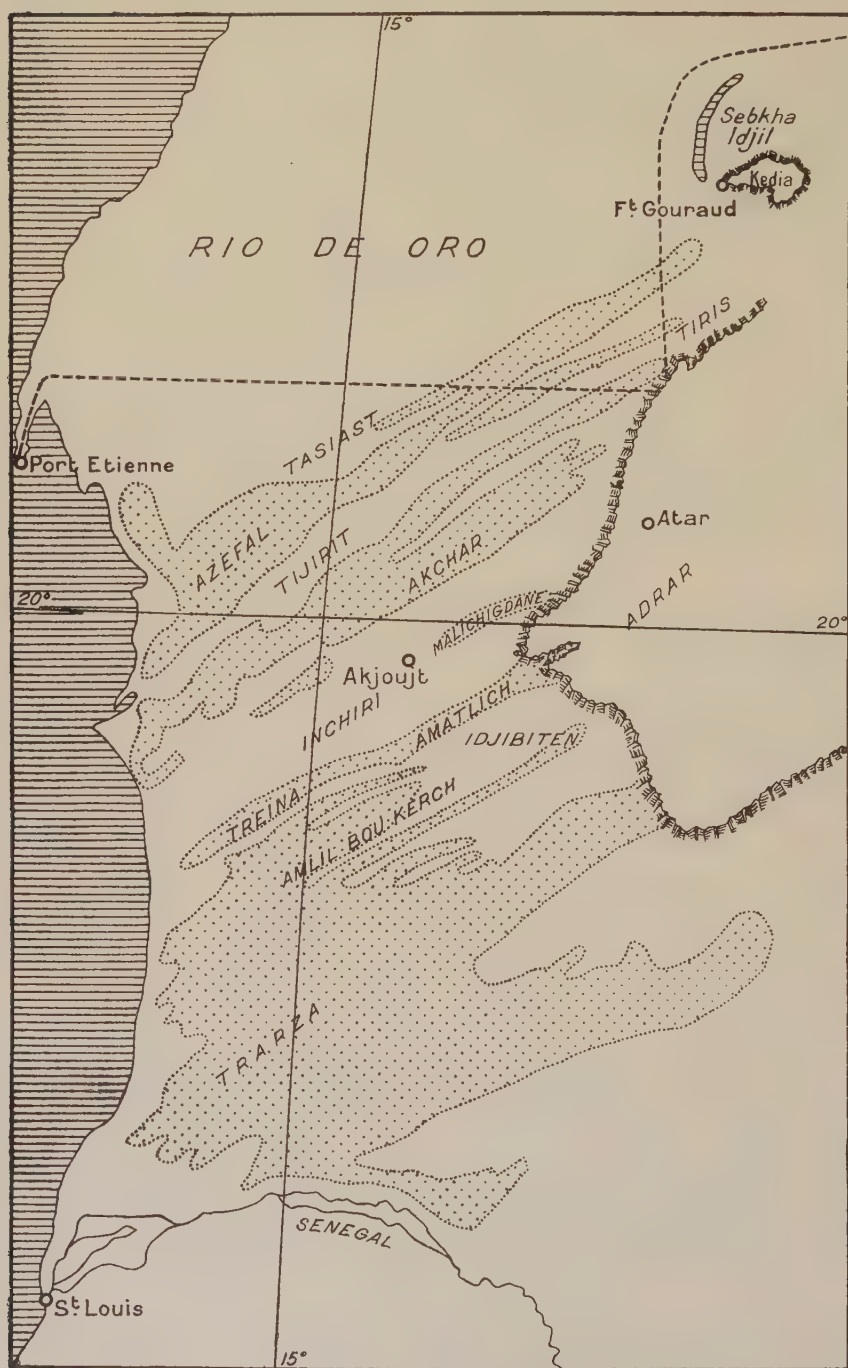
Je ne voudrais pas omettre dans ces remerciements, les goumiers, guides et manœuvres qui m'ont aidé dans la réalisation de mes missions. Rares sont ceux dont j'ai conservé un mauvais souvenir. La plupart m'ont servi avec ce dévouement intelligent et désinvolte que l'on rencontre chez les nomades sahariens. Je dois faire une mention spéciale pour deux d'entre eux. SID^o AHMED OULD CHEIKH, jeune « serviteur » vif et intelligent était devenu un aide

géologue dont l'assistance était des plus efficaces. C'est grâce à mon chauffeur DIAL TABE, connu par tous sous le sobriquet de « Gueule Tapée », que j'ai pu parcourir bien des itinéraires qualifiés d'impraticables et son courage et son ingéniosité m'ont, à plusieurs reprises, sorti de mauvais pas.

J'ai déjà dit que ce travail était publié par les soins de la Direction Fédérale des Mines et de la Géologie de l'A.O.F. qui possède, à Dakar, une imprimerie et un atelier de reproduction. Je n'y compte que des amis, mais je pense que c'est encore plus à la compétence et à la conscience de son personnel qu'aux relations qui nous lient, que sont dûs le soin et la clarté de cette publication.

Puisse la bonne volonté apportée par l'auteur à l'exécution de ce travail être un gage de gratitude envers tous.

Régions naturelles de Mauritanie occidentale



Echelle: 1/5.000.000^e

Fig: 1

CHAPITRE PREMIER

GENERALITES

Aperçu géographique

La Mauritanie s'étend de la rive droite du fleuve Sénégal aux frontières sud-ouest de l'Algérie ; à l'est, elle a une longue frontière commune avec le Soudan ; de Saint-Louis à Port-Etienne, elle est baignée par l'Atlantique dont elle est séparée, plus au nord, par la colonie espagnole du Rio de Oro.

Administrativement, la Mauritanie est un territoire de la Fédération de l'A.O.F., dirigé par un Gouverneur résidant à Saint-Louis.

La région dont la Direction des Mines a bien voulu me confier l'étude s'étend du parallèle 19°, au nord du parallèle 23° (frontière du Rio de Oro). M. le Professeur MONOD s'étant chargé de l'étude du Primaire mauritanien, mon travail s'arrête, à l'est, à la falaise cambrienne de l'Adrar, qui marque nettement dans la topographie, tout au moins dans le sud où elle surplombe la région précambrienne de plus de cent mètres ; elle s'abaisse progressivement en s'ensablant et, au sud du parallèle 23° (sud de el Agareb) ⁽¹⁾, elle se confond avec le rag. A l'ouest, c'est le contact entre les recouvrements quaternaires et le socle précambrien qui bornera l'étendue de la présente étude.

La région est délimitée en une morne pénéplaine dont la monotonie n'est rompue que par les chaînes de collines des environs d'Akjoujt, par de nombreux dômes granitiques dont l'altitude excède rarement cent mètres et, aux environs immédiats de Fort-Gouraud, par le petit massif de la Koedia Idjil qui, avec ses 30 km d'extension est-ouest et ses 600 m de hauteur de commandement, prend l'allure d'imposante montagne.

Tout ce pays est coupé en écharpe par plusieurs massifs dunaires plus ou moins importants (Abara, Treina-Amatlich, draa Malichigdane, Akchar, Azefal) orientés du sud-ouest au nord-est, séparant des zones plates plus ou moins ensablées ou « rags » (Amlil Bou Kerch, Ifozuiten, Inchiri, Amsaga, Tijirit, Tiris, Tasiast) (fig. 1). Ces différentes régions naturelles peuvent toutefois être groupées ; les zones de dunes, puis les rags vont être sommairement décrits.

Les dunes

LES DUNES VIVES DU SUD

Ce sont l'Abara, l'Amatlich, le Treina, le draa Malichigdane.

L'Abara n'a que quelques kilomètres de largeur mais c'est un aklé ⁽²⁾ assez difficilement franchissable. L'Amatlich est beaucoup plus important tant par sa largeur que par la hauteur de ses entassements de dunes qui escaladent, à l'est, la falaise de l'Adrar. A l'ouest, il passe progressivement au Treina, moins difficile d'accès, comportant de nombreuses dépressions

(1) Un index alphabétique des lieux cités, accompagné de leurs coordonnées géographiques, est placé à la fin de l'ouvrage et permettra de retrouver aisément ces lieux sur les cartes hors-texte au 500.000.

(2) *Aklé* : entassement de dunes vives où il n'est pas possible de déceler une direction générale d'écoulement du sable.

peuplées d'arbustes, et caractérisé par la couleur de ses sables dont la teinte terne, « fumée », est évoquée par son nom. Le draa Malichigdane s'appuie également sur l'Adrar mais n'atteint pas la zone côtière comme les précédents massifs ; il s'arrête à une quarantaine de kilomètres à l'est d'Akjoujt.

L'AKCHAR

Dépassant soixante kilomètres de largeur, c'est le plus important de tous ces massifs dunaires. C'est un complexe de dunes mortes, parfois agencées en longues rides (elb), couvertes de Graminées (Sbot : *Aristida pungens*), couronnées de dunes vives. Le Tassarat, rag très ensablé et très étroit, s'allonge au milieu de la partie septentrionale de l'Akchar.

L'AZEHAL

Presqu'aussi important en étendue que l'Akchar, il est beaucoup plus accessible et se traverse aisément en auto en différents points. Il est constitué de très molles ondulations sableuses dépourvues en général de végétation arbustive mais où abondent les Graminées.

Les rags (1).

AMLIL BOU KERCH ET IFOZUITEN

Ce sont plutôt de grands aftouts (dépressions sableuses entre les dunes), presque dépourvus d'affleurements rocheux, avec une très maigre végétation ; en particulier, les arbustes y sont pratiquement absents. Les barkhanes ou reuldes (dunes vives isolées) y sont nombreuses et font présager de l'avenir de ces plaines, qui ne tarderont pas à être envahies par les dunes voisines.

L'INCHIRI

Deux faits lui donnent un caractère bien particulier : c'est la région des chaînes de collines de schistes et de quartzites, site du poste d'Akjoujt, et c'est le pays où croissent les « tamats » (*Acacia seyal*).

LES RAGS DU NORD ET DE L'OUEST

Ces arbustes sont absents de l'Amsaga, du Tijirit, du Tasiast et du Tiris et les collines de granite, de gneiss ou de gabbro de ces régions ont un aspect bien différent de celles de l'Inchiri.

L'Amsaga a un caractère plutôt steppique dû à son abondante végétation de Graminées, alors que, dans les autres régions, les rags dénudés alternent avec des zones d' « askaf » (*Nucularia Perrini*).

Le Tijirit doit son aspect particulier aux chaînes de collines de gabbros qui le traversent du nord au sud et se prolongent en Territoire espagnol. Ces hauteurs, formées d'entassements de blocs noirs, bordées d'abondants éboulis, émergeant brusquement du rag avoisinant, donnent un caractère austère au paysage que le géologue espagnol VIDAL BOX décrit justement comme ayant « un aspecto de paisajes volcánicos de siniestra fisonomía, más espectacular al destacarse sobre la decoracion pàlida y rosada de las llanuras. »

Le Tasiast est le prolongement sud-ouest du Tiris dont il diffère par l'absence de relief, alors que le Tiris, qui débiterait en territoire espagnol, au guelb Dholim, compte, en plus de la koedia Idjil, de nombreuses hauteurs. Un autre accident marquant dans la topographie du Tiris, c'est la grande sebkha d'Idjil, connue par ses salines, vaste dépression d'argile salée allongée nord-sud. Vers le nord, le Tiris passe à l'Ouessat, région sableuse dépourvue de relief et de végétation.

(1) Rag ou reg : étendue, plus ou moins grande, sableuse ou rocailleuse, à végétation nulle ou peu abondante. Ce serait, dans le modelé, l'équivalent de la plaine : le rag s'oppose aux régions dunaires, aux montagnes (koedia, assaba), aux oueds, aux éboulis (argoub).

Les pluies.

Les pluies, très peu abondantes, tombent surtout durant les mois d'août et de septembre. Ce sont elles qui, par le caprice de leur répartition, font qu'une région verdoyante une année sera désolée et absolument dépourvue de végétation les années suivantes. Elles sont le facteur déterminant de la répartition de la population.

Points d'eau.

On ne considérera ici que les points d'eau de la partie précambrienne de la Mauritanie occidentale. On peut les classer en mares ou « dayas », citernes naturelles ou « gueltas », sources ou « aïn », petits puits temporaires ou « oglats », grands puits ou « bir ».

DAYAS

Ce sont des mares qui se remplissent au moment des pluies et dont la durée est très variable : les unes subsistent quelques jours, d'autres des mois : la daya d'Oum Arouagen, au nord-est de la koedia Idjil, a été en eau pendant onze mois en 1949-1950. Les dayas sont surtout abondantes en pays granitiques, notamment en bordure de l'Akchar. Leur eau, ayant peu circulé, est peu minéralisée et agréable à boire, quoique souvent limoneuse.

GUELTAS

Dans les régions accidentées (falaise de l'Adrar, koedia Idjil), certains oueds coulent à même le roc. Après la période de ruissellement, des poches creusées dans la roche demeurent remplies d'eau pendant des périodes variables. Certaines grandes gueltas ont plusieurs mètres de profondeur et sont pratiquement permanentes ; telles sont les gueltas d'Oum el Hbel, dans la koedia Idjil, celle de Choum, dans un ravin de la falaise de l'Adrar, à l'angle sud-est de la frontière du Rio de Oro. L'eau des gueltas est également douce.

AIN

Le contact des grès quartzites primaires fissurés et du socle précambrien, tout le long de la falaise de l'Adrar, est une ligne de sources : Iriji, Tidérez, Aouïnet el Harch, Nouar, Toujounine el Kebir, Toujounine es Srir, etc... L'eau de ces sources, avant de se perdre dans les éboulis, alimente également de petites gueltas. La minéralisation de ces eaux est variable suivant la durée de circulation de la nappe ; en général, elles sont douces ou, tout au moins, buvables.

OGLATS

Ce sont des puits le plus souvent temporaires peu profonds (ils dépassent rarement 5 m, ils n'ont parfois que 0 m 50 de profondeur), non coffrés ou coffrés avec de la paille ou des branchages, puisant dans une nappe superficielle alimentée par les pluies. Certains oglats exploitent un underflow d'oued, d'autres une nappe dunaire, d'autres, enfin, sont creusés aux emplacements de dayas après l'assèchement de celles-ci. La durée de ces derniers est très brève ; les oglats creusés en bordure de dunes, par contre, peuvent être permanents (Aguelt en Naje, Daman, etc...). La qualité de l'eau des oglats est très variable. Elle dépend évidemment de la nature des alluvions où l'eau a séjourné. Certains oglats se salent par évaporation quand on ne les exploite pas suffisamment ; d'autres, au contraire, se salent quand on y puise trop.

GRANDS PUIITS

Leur profondeur varie de 10 à 30 m. Ils sont généralement permanents ; leur bouche est large : 2 à 3 m de diamètre, pourvue souvent d'une margelle édiflée par l'Administration qui, souvent également, a fait cimenter les parois. Ces puits sont alimentés par des fissures dans les roches vertes, les gneiss ou les granites. Leur débit est variable suivant les puits ; leur eau est rarement douce (Fderik), le plus souvent très minéralisée, difficile à digérer, parfois laxative. Les principaux de ces grands puits (ou « bir ») sont :

- dans l'Inchiri : Akjoujt, Tabrinkout ;
- dans l'Amsaga : Tiberguinte, Touyerma, el Boïrat, Zidane, Aouïnet em Mlis ;
- dans le Tijirit : Bir Igueni, Liboïrat, Ahmeyin, Ben Améra, Char ;
- dans le Tasiast : Arouéyit ;
- dans le Tiris : Arouénit, Fderik, el Aouj.

Population.

Celle-ci, en dehors de quelques commerçants d'Akjoujt et de Fort-Gouraud ⁽¹⁾ est composée de nomades pasteurs, vivant de leurs troupeaux de moutons et de chèvres ou de chameaux. Leur société, rappelant par sa structure notre société médiévale, est basée sur un régime de castes : castes de Marabouts, d'origine Berbère (Sanhadjas), lettrés, — parfois réellement, le plus souvent se disant tels —, s'occupant de religion et des questions de Droit coranique, caste des guerriers descendant des conquérants arabes du XII^e siècle et des siècles suivants, caste des sénagas ou tributaires d'origine berbère, « serviteurs » descendant des noirs autrefois raziés au Sénégal et au Soudan, caste des forgerons, des griots, des bouchers... Tous sont de fervents musulmans.

Tous ces gens se concentrent dans les zones où la pluie, ménageant des années de disette extrême ou d'abondance, a bien voulu faire croître un pâturage plus ou moins riche, et laissent inhabitées de vastes régions où se rencontrent des gazelles, des autruches, quelques rares outardes qui constituent une bonne partie des menus des géologues en tournée.

Toute cette population, dont une partie n'avait pas encore fait sa soumission il y a quinze ans, est répartie administrativement entre les Cercles de la Baie du Lévrier (Port-Etienne), d'Akjoujt, et de l'Adrar (subdivision d'Atar, de Chinguetti, de Fort-Gouraud, de Fort-Trinquet) dont le commandement était confié jusqu'à cette année (1950) à des militaires.

Akjoujt, Atar, Fort-Gouraud, Fort-Trinquet sont reliés à Saint-Louis et au Maroc par la piste transmauritanienne ; Port-Etienne n'est actuellement encore accessible que par voie maritime ou aérienne, les massifs dunaires empêchant de relier par route, aux autres postes, ce port situé sur une des côtes les plus poissonneuses du monde.

(1) La palmeraie possède fréquemment une population sédentaire pouvant compter de quelques individus isolés à plusieurs milliers de Maures (Atar), mais ces palmeraies sont concentrées dans la partie primaire de la Mauritanie qui, seule, offre une eau assez abondante et assez proche du sol pour permettre la culture des palmiers-dattiers.

Conditions de pénétration et de travail

De janvier 1945 à octobre 1946, les levés géologiques ont été faits à chameau, en utilisant la montre pour évaluer les distances. Depuis, la Direction des Mines de l'A.O.F. a mis à ma disposition un, puis deux véhicules tous terrains. Il est prudent de travailler avec deux voitures ; on est ainsi beaucoup moins à la merci d'une panne, qui, dans certains cas, pourrait être fatale.

Tous les rags étant, en général, praticables en véhicules automobiles, le chameau n'a plus été employé, après 1946, que pour le parcours des massifs dunaires. L'emploi de l'automobile offre de nombreux avantages ; en particulier, il permet :

- un rendement meilleur : il est difficile de faire plus de 25 km par jour de bon lever topographique et géologique à chameau, alors qu'avec un camion, on peut souvent en faire le double ;
- une fatigue moindre du personnel ;
- un plus grand confort pour le géologue qui peut emporter plus de main-d'œuvre ou de matériel en camion qu'à chameau ;
- une plus grande liberté d'action. En travaillant à chameau, le géologue est en effet assujéti :

a) Aux indigènes loueurs de chameaux ; il est parfois impossible, à certaines époques (récolte des dattes, périodes de sécheresse), de trouver à louer des chameaux. D'autres fois, on ne trouve que des bêtes maigres et fatiguées qui seront fourbues bien avant la fin de la tournée et obligeront à un retour prématuré ;

b) Aux pâturages. Contrairement à une opinion largement répandue, un chameau est un animal fragile qui doit manger quotidiennement et ne peut supporter qu'occasionnellement un jeûne de quelques jours. On est donc lié aux zones de pâturages et on doit remettre à plus tard l'étude des zones stériles ou se contenter de les parcourir rapidement ;

c) Aux puits. Dans l'Inchiri ou l'Amsaga, les puits nombreux et espacés d'une quarantaine de kilomètres permettent une assez grande liberté de parcours. Mais, plus au nord ou à l'ouest, l'espacement des puits sur certains itinéraires peut être de plus de deux cents kilomètres. On comprendra que, dans ces conditions, le géologue à chameau ne puisse consacrer à l'étude un peu détaillée des régions intéressantes le temps qu'il aurait souhaité y passer.

Que ce soit à chameau ou en véhicule, les levés géologiques en Mauritanie offrent des facilités qui ne sont pas négligeables : il est presque toujours possible grâce à la topographie peu accidentée et à l'habileté des guides, de se déplacer suivant des lignes droites atteignant fréquemment trente kilomètres et plus, ce qui simplifie beaucoup les levés d'itinéraires ; de plus, les affleurements sont, en général, très abondants et permettent aisément de préciser les contacts des différentes zones.

Mais, par contre, le travail du géologue est fortement conditionné par la température : si, en Mauritanie, l'hiver est froid (5° sous abri le 31 décembre 1948 à Fort-Gouraud), les demi-saisons sont très agréables, l'été est chaud (jusqu'à 50°) et cette chaleur est aggravée par l'extrême sécheresse qui oblige à boire de grandes quantités d'eau, et par le brûlant vent d'est (irifi). Enfin, en toutes saisons, le travail est rendu impossible certains jours, par les vents de sable qui obscurcissent l'horizon et agissent désagréablement sur le système nerveux des Européens. Pratiquement, une bonne campagne géologique peut être conduite du 1^{er} novembre au 15 avril de l'année suivante et tout travail sur le terrain sera impossible du 1^{er} juin au 1^{er} octobre. Pour ma part, j'ai travaillé :

De février à fin juin 1945 dans l'Inchiri;
Du 15 septembre à fin mai 1946 dans l'Amsaga et l'Inchiri;
Du 1^{er} octobre 1946 à fin décembre 1946 dans la région de Fort-Gouraud;
De janvier à mai 1947 dans la région d'Akjoujt et dans le Tijirit;
De juillet à fin novembre 1948 dans l'Amsaga et l'Akchar;
De décembre 1948 à juin 1949 dans le Tiris;
De septembre 1949 à janvier 1950 dans le Tasiast.

Les minutes de mes levés de reconnaissance ont été établies au 200.000 en utilisant comme fond topographique de départ les croquis de reconnaissance saharienne au 500.000 publiés par le Service Géographique de l'A.O.F. (feuilles d'Akjoujt, d'Atar, d'Idjil, et de Port-Etienne), croquis établis d'après les levés d'itinéraires des officiers des Groupes Nomades, et épaulés par de nombreux points astronomiques. J'ai été amené fréquemment à les modifier ou à les compléter d'après des observations personnelles, surtout pour la feuille d'Akjoujt. J'ai également utilisé de nombreux croquis inédits trouvés dans les archives des Groupes Nomades, en particulier ceux des Lieutenants IZAMBARD et VOISIN. Enfin quelques études plus détaillées ont été faites à des échelles plus grandes : 60.000 pour la koedia Idjil, d'après le levé agrandi du Lieutenant GARBIT, 50.000 pour la région d'Agueli Sidi, 20.000 pour la région de l'oued Jennin, 1.000 pour guelb Moghreïn, les fonds topographiques de ces deux dernières études étant dus à P. CHARAVEL, Ingénieur adjoint des Mines de l'A.O.F.

En général, l'orthographe précédemment employé dans les croquis de reconnaissances sahariennes a été adopté, et il n'a été modifié que quand il y avait contresens (Exemple : guelb Bou Zegrare : colline enturbannée, au lieu de guelb Bou Jeyrane : colline de la grenouille). Quand j'ai été amené à employer des termes nouveaux, je me suis efforcé de reproduire au mieux la prononciation locale. Certains noms portés sur les cartes mentionnées ci-dessus n'ont pas été reportés sur mes levés; il s'agit, en général, de noms d'« oglats » ou puits temporaires, qui étaient « morts », depuis de nombreuses années lors de mon passage et qui n'ont pas été retrouvés ou qui, même, n'étaient plus connus des guides.

Travaux antérieurs

Rares sont les géologues qui m'ont précédé en Mauritanie. Les premières descriptions géologiques des roches cristallines de Mauritanie occidentale semblent être celles de QUIROGA [79] qui publia la description pétrographique des échantillons qu'il recueillit en accompagnant la mission CERVEIRA qui, partie de l'emplacement de Villa-Cisneros, atteignit la sebkha d'Idjil, en 1886. Il essaie de classer les roches cristallines en différents groupes et décrit avec minutie plusieurs granites (parmi lesquels se trouvent des types alcalins), des diabases, un « Archéen » formé de gneiss qui semblent être en partie des granites orientés, des roches pyroxéniques et amphiboliques et un complexe de quartzites, de schistes et de calcaires redressés que, se fondant sur des caractères lithologiques, il classa dans le Paléozoïque. On verra par la suite, le bien fondé de cette division en quatre grands groupes des roches cristallines de Mauritanie occidentale.

Quelques auteurs français (CHAUTARD, DEREIMS, CHUDEAU ⁽¹⁾), publient dès 1908 quelques brèves notes sur les roches de Mauritanie ; mais le premier travail français contenant un essai d'interprétation de la géologie de la Mauritanie est celui de CHUDEAU [16]. Cet auteur décrit surtout les terrains sédimentaires, notamment le Pléistocène, mais il signale l'important massif de granite porphyroïde qui forme la partie orientale du Tiris, et un « Silurien comprenant des gneiss, des micaschistes, des schistes à séricite et des phyllades..., parfois des lentilles de cipolin et plus souvent des quartzites... », en insistant sur le fait « qu'il y aura des coupures à introduire dans ce Silurien ». Ce Silurien s'est montré, par la suite, être de l'Antécambrien mais CHUDEAU emploie ce terme « assez élastique » parce que ces terrains se trouvent en-dessous du Dévonien daté jusqu'alors par DEREIMS (*op. cit.*) et par lui-même. Enfin, à cette note, se trouve jointe une carte géologique de la Mauritanie qui est, sans doute, la première en date et dont les contours furent reproduits par HUBERT dans la carte géologique de l'A.O.F. publiée en 1919.

Puis ce furent, après une assez longue période d'arrêt, les travaux de J. MALAVOY et de F. JACQUET qui devait mourir assassiné par ses partisans en 1937, et de Th. MONOD. Ces auteurs s'attachèrent surtout à l'étude du Primaire dont la connaissance était, de ce fait, beaucoup plus avancée que celle du socle à mon arrivée en Mauritanie. Cependant, ces géologues devaient, pour rejoindre les falaises primaires, traverser la pénéplaine antécambrienne et ils en profitèrent pour faire de nombreuses observations qui seront rappelées au cours du texte, de sorte que JACQUET pouvait, dès 1937, donner un aperçu de la « Structure du Sahara Mauritanien » [33]. Dans cette publication et sur la carte jointe, en dehors des recouvrements sédimentaires, JACQUET distinguait du « Cristallin », formé de granites, de rhyolites et de schistes cristallins, occupant essentiellement les Karet-Yetti et réapparaissant dans les régions de Fort-Gouraud et d'Aguelit Sidi (30 km ouest d'Akjoujt) au milieu de la « chaîne métamorphique » formée de gneiss, de schistes métamorphiques, de quartzites divers et de cipolins qui occupaient la presque totalité de la région qui va être décrite.

Il est probable que cet auteur considérait le cristallin comme postérieur à la « Chaîne métamorphique ».

(1) CHAUTARD : *La Géographie*, t. XVII, 1906, p. 307-309.

DEREIMS, C.R.S. S.G.F., 4-IX-1909, p. 71.

CHUDEAU, C.R.S. S.G.F., 4-VIII-1908, p. 560.

Des échantillons récoltés durant la dernière campagne de ce géologue furent classés et étudiés par M^{me} E. JEREMINE et M. NICKLES [37-40], ce qui ajouta encore aux connaissances des différents types pétrographiques.

En résumé, en 1945, date du début de mon travail sur le terrain, les principales entités pétrographiques du socle précambrien mauritanien étaient assez connues; je les ai précisées dans une brève publication parue en 1948 [5], mais il restait à les cartographier et surtout à établir les relations existant entre elles et à essayer de rattacher la géologie de l'ouest mauritanien à celle du reste de l'Afrique.

Schéma géologique de la Mauritanie occidentale

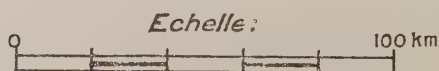
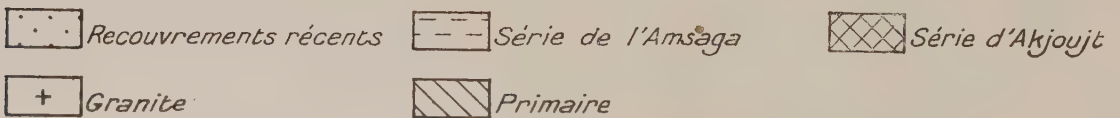
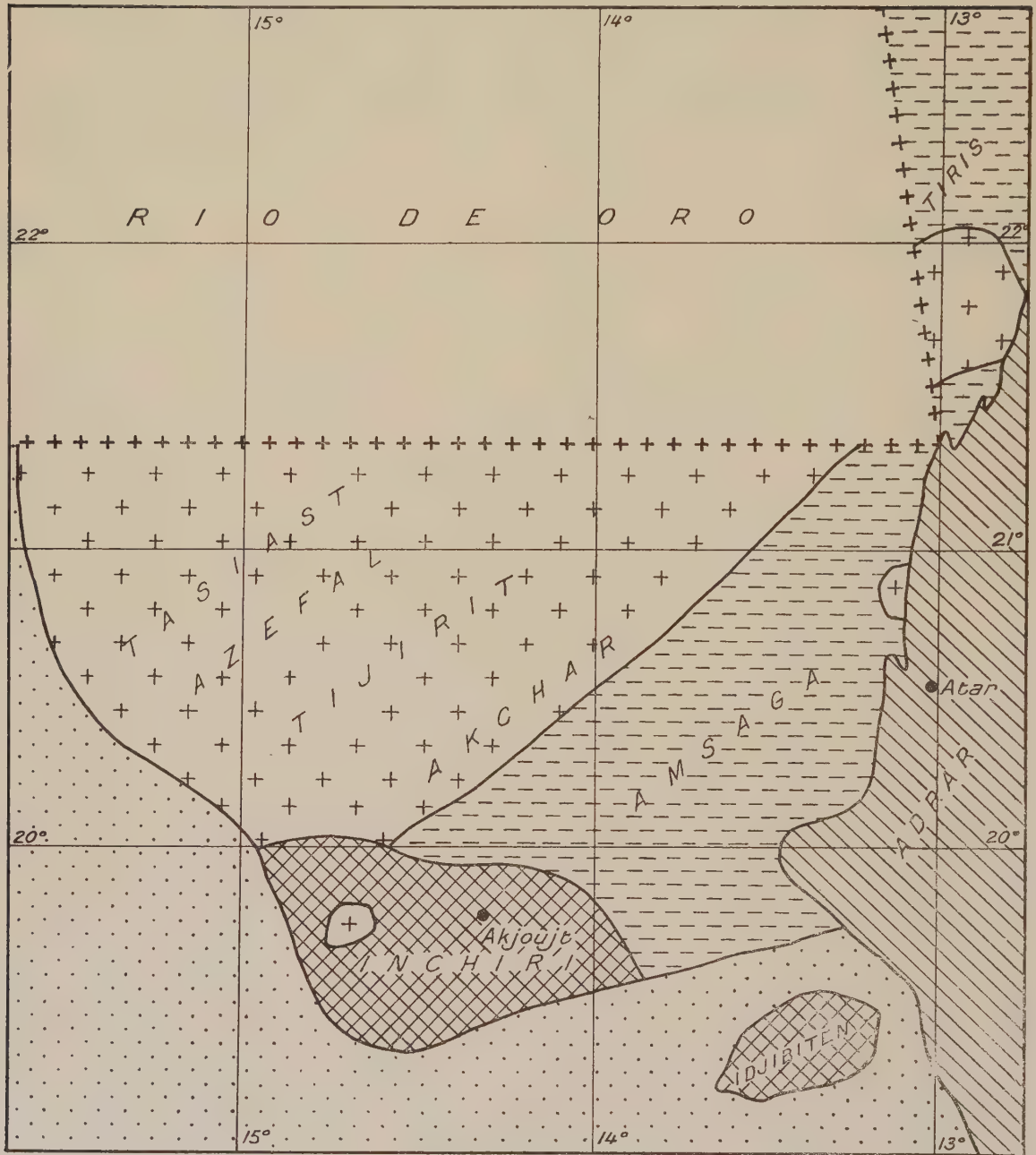


fig:2

CHAPITRE II

GRANDES UNITES GEOLOGIQUES

La totalité de la région étudiée ici est constituée par des formations que l'on rapporte au Précambrien. Cet âge précambrien est suggéré par le fait que ces formations sont recouvertes en discordance par un complexe de grès et de calcaires subhorizontaux considérés, dans tout le reste de l'A.O.F., comme étant cambro-ordoviciens. Cette hypothèse n'a jamais été confirmée par la découverte de fossiles caractéristiques ; elle est basée uniquement sur le fait que ce complexe est recouvert en concordance par du Gothlandien et du Dévonien fossilifères bien datés en Afrique occidentale en général et en Mauritanie en particulier. De plus, les roches qui vont être décrites sont plus plissées et plus métamorphiques que les sédiments rattachés au Cambro-Ordovicien.

La partie de ce Précambrien faisant l'objet de ce travail s'étend du parallèle 19° au nord du parallèle 23° ; il est masqué, au sud et à l'ouest, par des recouvrements récents (rags ou dunes subactuels, grès mio-pliocènes et, à l'est, par la falaise primaire de l'Adrar ; les frontières du Rio de Oro constituent la limite nord de la zone que j'ai cartographiée, mais le Précambrien affleure encore largement dans cette colonie espagnole. On peut donc évaluer à environ 55.000 km² la superficie étudiée.

Ce socle peut être subdivisé en quatre grands ensembles qui sont :

- La Série de l'Amsaga ;
- La Série d'Akjoujt ;
- Les granites ;
- Les filons de roches basiques.

L'ensemble que je désigne par l'expression de « Série de l'Amsaga » est un complexe très redressé de divers gneiss associés à des quartzites et à quelques autres roches métamorphiques beaucoup plus rares, qui occupe la presque totalité de l'Amsaga et du Tiris, soit environ 25.000 km² (fig. 2).

Cette Série de l'Amsaga est la plus ancienne et elle est recouverte en discordance par un ensemble beaucoup moins métamorphique et plus faiblement tectonisé de schistes et de quartzites constituant la majeure partie de l'Inchiri. J'ai nommé ce deuxième ensemble « Série d'Akjoujt » et j'y ai rattaché les roches affleurant dans l'Idjibiten et l'Amlil Bou Kerch et quelques zones très restreinte du Tijirit et du Tasiast. L'aire d'extension de la Série d'Akjoujt serait approximativement de 8000 km².

De petits massifs granitiques plus récents recoupent localement ces deux séries. Ce granite, qui est typiquement calcoalcalin à biotite, avec parfois des faciès porphyroïdes ou leucocrates, a, vers l'ouest, pris la place de la presque totalité des roches antérieures et c'est lui qui forme la majeure partie des affleurements du Tijirit et du Tasiast ainsi que la plupart des pointements rocheux visibles dans les dunes de l'Akchar et de l'Azefal. On peut estimer à plus de 20.000 km² la surface de cette zone granitisée.

Enfin, en dehors de ces trois ensembles pétrographiques nettement localisés, il faut citer des dykes de roches basiques épars dans toute la Mauritanie occidentale, recoupant indifféremment les roches constituant les trois précédentes unités. Ce sont donc elles les plus récentes et certaines

constituent même, sans doute, les racines de venues intrapaléozoïques. C'est au Tiris qu'elles sont le moins répandues et c'est dans le Tijirit et le Tasiast qu'elles sont les plus abondantes. La dispersion de leurs affleurements ne permet pas d'évaluer, même très approximativement, leur aire d'extension.

Ces quatre grandes unités géologiques constituant le socle de la Mauritanie occidentale vont être successivement décrites tant au point de vue de leur mode de gisement que de leur nature pétrographique, puis, j'essaierai d'élucider leurs relations réciproques.

CHAPITRE III

Série de l'Amsaga - Etude générale

Cette Série est ainsi nommée parce qu'elle a d'abord été identifiée dans l'Amsaga dont elle constitue la majeure partie mais c'est elle qui forme également la presque totalité du Tiris. A l'ouest des dunes de l'Akchar, elle fait place à des granites nettement postérieurs et d'importantes venues basiques; vers le nord, elle est masquée par les rags de el Ouissat; elle est recouverte en discordance vers l'est par des grès rattachés au Cambrien et, vers le sud, par la Série d'Akjoujt. Cette série compréhensive désigne, en réalité, un ensemble de schistes cristallins très variés qui n'ont comme point commun que d'être antérieurs à la Série d'Akjoujt beaucoup moins métamorphique.

Une partie des roches constituant la Série de l'Amsaga dérivent manifestement d'anciens sédiments métamorphisés, d'autres proviennent vraisemblablement de l'évolution de roches ignées, par contre certaines formations ont une origine douteuse.

Enfin, toutes ces roches ont été, en partie et localement migmatisées. Ces migmatites, seront signalées en même temps que les schistes cristallins dont elles semblent dériver. Dans mes cartes, je n'ai cartographié comme zone de migmatites que les régions où les phénomènes d'apport sont nettement visibles au géologue de terrain.

Dans le travail qui suit, les différents types pétrographiques puis les contacts entre ces différentes formations vont être d'abord décrits; dans une autre partie, je m'efforcerai d'interpréter ces descriptions en essayant de résoudre le problème de l'origine de ces roches et d'établir, entre elles, une échelle chronologique.

Description pétrographique

La Série de l'Amsaga est surtout constituée de gneiss de types très divers :

- gneiss à cordiérite et sillimanite;
- leptynites;
- gneiss à biotite;
- gneiss à hypersthène.

On trouve, intercalées dans ces gneiss, des couches de nature diverses qui peuvent être :

- des quartzites;
- des miscaschistes;
- des cipolins à minéraux associés à des gneiss à diopside;
- des amphibolites.

L'aire de répartition de ces roches est infime par rapport à celle des gneiss dont les différents types seront décrits à la suite des roches non (ou exceptionnellement) feldspathiques.

LES QUARTZITES

On ne les rencontre pas au sud de l'Azefal, mais ils débordent largement vers le nord les limites de la feuille d'Idjil, et ce sont surtout eux, par exemple, qui constituent la chaîne des Sfariat [3]. Ils ont mieux résisté à l'érosion que les roches encaissantes de sorte qu'ils forment des massifs de collines ou des chaînes peu élevées pouvant se continuer sur plusieurs dizaines de kilomètres : koedia el Aghnem, el Agareb, Atomaye et ses prolongements : Tintikret, guelb el Azib, etc... Ils ont ainsi joué un grand rôle dans le modelé topographique du Tiris où ils constituent la presque totalité des crêtes. Ils sont presque toujours ferrugineux et contiennent alors soit de la limonite (koedia el Aghnem), soit de la magnétite (Toumba Atomaye, guelb N'Sour, région d'Oum Dférate, etc.), soit de l'oligiste en cristaux souvent microscopiques mais qui atteignent parfois plusieurs millimètres : ils sont alors en lamelles brillantes, parfois écailleuses, à faces bien déterminées (le plus souvent p.). De tels quartzites à lamelles d'oligiste sont aisément observables à Toumba-Atomaye près de Fort-Gouraud, el Agareb, guelb el Atrous.

L'oligiste se concentre parfois en lentilles plus ou moins importantes et arrive à constituer la presque totalité de la roche donnant ainsi des amas de minerai pouvant peut-être, par la suite, présenter un intérêt économique. Tel est le cas des collines de el Mahoudat, Oum Arouagen, guelb Azouazil, etc..., et de la « montagne de fer » de Fort-Gouraud, dans le massif de la koedia Idjil qui, en raison de son importance, fera l'objet d'un chapitre particulier. Voici quelques résultats d'analyses ⁽¹⁾ faites sur des échantillons ramassés à la main (*grape samples*).

	el Mahoudat	Oum Arouagen	g. Azouazil
	—	—	—
Insoluble dans acide	43,9	45,9	36,7
Fe en Fe %	40	36	42,2
En Fe ₂ O ₃	57	51,4	60,2

(1) Dues à M^{me} MARTINET, chimiste de la Direction des Mines de l'A.O.F.

Dans ces roches, en dehors du quartz et des oxydes de fer, on observe rarement un peu de muscovite, jamais de feldspaths, exceptionnellement un peu de pyroxène vert pâle (guelb el Voulé), mais assez fréquemment (Toumba Atomaye, Amkhéouel Tizerghaf, guelb el Hadid) une belle amphibole vert bleuâtre assez particulière et dont j'ignore le nom. Ce minéral est concentré en des lits qui soulignent la schistosité. Certains cristaux dépassent 1 cm suivant l'allongement (guelb el Hadid). En plaque mince (Pl. I fig. 1), cette amphibole montre un vif pléochroïsme (vert bleuté suivant *ng*, jaune pâle suivant *np*); son allongement est positif; sa réfringence est forte, sa biréfringence faible : elle polarise de l'orange du 1^{er} ordre au vert jaune du 2^e ordre. L'angle d'extinction maximum observé est de 28°. Certaines plages sont souillées de limonite d'altération. Elle voisine avec de gros grains de quartz recristallisé, est étroitement associée à l'oligiste ou à la magnétite, qui constituent le fond de la roche, englobant parfois le quartz et l'amphibole. La présence de ce dernier minéral n'a rien d'exceptionnel dans les quartzites ferrugineux fortement métamorphisés et a été signalé [64] dans les gisements d'Afrique du Sud, du Lac Supérieur, etc...

À côté de ces types qui sont répandus dans tout le Tiris, citons les quartzites rubanés et la brèche à éléments de quartz noyés dans l'hématite qui sont propres à la koedia Idjil et qui seront décrits avec plus de détail dans l'étude particulière de ce massif.

Les quartzites non ferrugineux sont beaucoup plus rares : on ne les rencontre que sur le pourtour de la koedia Idjil et sur le flanc de quelques collines de la koedia el Aghnem et de el Agareb où ils sont intercalés dans les quartzites ferrugineux.

Ce sont des roches claires, parfois veinées de rose par des traînées d'oxyde de fer, se débitant en plaquettes suivant les lits de muscovite ou de séricite. Le mica est souvent très abondant et on passe parfois latéralement à des micaschistes. Certains type de la face nord de la koedia Idjil sont grenatifères.

ROCHES METAMORPHIQUES DERIVANT DE SEDIMENTS CALCAIRES

Suivant les sédiments originaux et le degré de métamorphisme qui les a affectés, on se trouve en face de types très variés qui, pour la commodité de la description, seront séparés mais qui, de fait, se trouvent le plus souvent associés étroitement. Les relations existant entre les différents types seront signalées en temps utile. On distinguera successivement : des cipolins et des calcaires à minéraux, des amphibolites qui leur sont liées ainsi que des gneiss à diopside, avec ou sans autres minéraux, étroitement associés à ces roches carbonatées.

Ces différentes roches n'affleurent que sur des zones très restreintes (une centaine de mètres de large, quelques kilomètres de longueur) et sont loin d'avoir l'importance géographique des quartzites ferrugineux.

CIPOLINS ET CALCAIRES A MINERAUX

Ils forment une étroite bande, d'une cinquantaine de mètres de puissance, sensiblement orientée est-ouest, allant du nord immédiat d'Oum Dférat, à 5 km environ du guelb el Haouli sud où elle disparaît sous le rag sableux; ils constituent le pied et le flanc même de la colline dont la crête est de quartzites ferrugineux concordants, et c'est là qu'ils sont le mieux observables. On en retrouve également un banc à peu près à mi-chemin entre guelb el Debech et Teniamoun el Kébir.

Ces roches ont peu résisté à l'érosion de sorte qu'elles affleurent au niveau des rags avoisinants sans marquer dans la topographie. L'action éolienne donne à la surface de la roche un aspect chagriné, gaufré, très particulier et caractéristique de toutes les roches carbonatées qui ont été observées en Mauritanie (dolomie cambrienne, sidérose filonienne, etc...).

Parfois (banc inférieur de guelb el Haouli), la roche est composée à peu près exclusivement de calcite; elle a alors un aspect nacré; le grain en est assez grossier, les cristaux de calcite atteignant 8 mm de côté. Dans les autres gisements mentionnés plus haut, de nombreux minéraux

sont associés à la calcite et la roche prend une teinte grisâtre sur laquelle tranchent des filonnets ou des yeux de calcite pure; les autres minéraux, répartis de façon homogène, apparaissent sous forme de nombreuses petites taches noires, vert olive, ou de paillettes hexagonales brillantes. En lames minces (Pl. I fig. 3), ils se montrent être du mica légèrement coloré (phlogopite ?) et des enclaves d'antigorite, d'origine secondaire, provenant vraisemblablement de l'altération de diopside.

L. NELTNER, qui a eu l'obligeance de me communiquer son carnet de route, aurait rencontré — au cours de la traversée de la Mauritanie qu'il fit en décembre 1947-janvier 1948 — d'autres calcaires métamorphiques au nord du massif d'Iguilid; je n'ai pas retrouvé cet affleurement mais j'ai observé des roches analogues à quelques 25 km de là, entre guelb el Ghzal et Touijenjert. Il s'agit de roches compactes, dures, rouge-grisâtres, contenant parfois des nodules de quartz. En plaque mince, la roche se montre être composée, en presque totalité, de calcite cristallisée en petits granoblastes; les autres constituants sont un peu de quartz et des traînées de limonite, qui produit la couleur de la roche.

AMPHIBOLITES ASSOCIES AUX CALCAIRES METAMORPHIQUES

L'intérêt de ce dernier gisement réside dans le fait que ces calcaires passent latéralement à des amphibolites, roches à débit grossièrement schisteux, vert plus ou moins foncé sur les faces de débit, rouillées sur les surfaces d'affleurement.

Sur la cassure, l'amphibole est bien visible à l'œil nu, le plus souvent en aiguilles, parfois en fibres, rarement en lamelles. Le passage de ces amphibolites aux calcaires se fait par l'apparition, dans ces dernières roches, de cristaux d'amphibole plus ou moins abondants donnant ainsi des types de transition.

En lame mince, un échantillon de ce gisement montre que cette amphibole, fibreuse dans ce cas, vert très pâle (actinote ou trémolite) constitue la majeure partie de la roche, les autres minéraux, beaucoup moins importants en quantité, étant un peu de chlorite et de phlogopite jaune d'or.

Des roches macroscopiquement identiques à la précédente et ayant des modes de gisement analogues ont été observées vers la pointe du draa Malichigdane et dans la région de Zidane. L'actinote est parfois concrétionnée en petites rosettes de 1 cm environ de diamètre. Des plaques minces provenant d'échantillons de ces deux gisements montrent ce minéral occupant la presque totalité de la roche associée avec un peu de magnétite, de chlorite et surtout d'épidote; le sphène est constant. Les feldspaths sont absents et ces roches sont à opposer aux autres amphibolites (région de Kalla, Iguerch par exemple) où l'on trouve toujours des plagioclases basiques plus ou moins altérés avec localement des résidus grenus ou ophitiques, et qui auraient vraisemblablement une origine différente; ce deuxième groupe de roches sera décrit plus loin.

A Zidane, à côté de ces amphibolites, on peut également observer une roche d'un vert plus soutenu, parfois un peu verruqueuse. Elle est composée presque complètement d'épidote et de zoïsité avec un peu de quartz et de calcite, l'amphibole en est absente.

GNEISS A DIOPSIDE ⁽¹⁾ ET PLAGIOCLASITES A DIOPSIDE, LAMBOANITES

Le premier en date des gisements de ces roches, a été observé au sud de la frontière méridionale du Rio de Oro, à Gleibat el Hadej. Il s'agit d'une jolie roche leucocrate, d'aspect saccharoïde où le pyroxène apparaît sous forme de mouches alignées vert bouteille. Au micro-

(1) QUIROGA [79] a également décrit à Teniulek et el Arrak des leptynites à diopside qui sont, sans doute, à rattacher à ce groupe.

scope, elle se montre avec une structure presque entièrement recristallisée (Pl. I fig. 5). La majeure partie de la roche est composée d'oligoclase basique avec quelques rares cristaux de microcline, moulant les grains de plagioclase. Le quartz est rare. Le pyroxène, vert pâle, a les caractères du diopside ($\alpha = 36^\circ$, allongement positif, variété malacolite ?) et est entouré d'auroles d'ouralite. Le sphène, quoique peu abondant, est présent. On n'a pas observé de wollastonite ni de wernérite. Il y a lieu, suivant A. LACROIX, qui signale le caractère exceptionnel des types à plagioclases relativement acides, d'appeler cette roche une plagioclasite à pyroxène [54].

Par la suite, ce gisement s'est montré s'étendre vers le nord-est jusqu'au delà du guelb Ould Aïssa (1) ; il forme une grande lentille en bordure d'un massif de gneiss à cordiérite et sillimanite ; il est aussi partiellement en contact avec des gneiss à biotite qui lui sont postérieurs.

Les échantillons qui furent prélevés à cette deuxième visite du gisement ont macroscopiquement un aspect assez identique ; ils sont toutefois légèrement plus colorés en rose ou en gris pâle ; le pyroxène y est moins franchement vert et plus sombre. En lames minces, le quartz s'avère plus abondant avec de grandes plages étirées ; il y a parfois de l'oligoclase très altéré ; ce plagioclase peut être absent ; le microcline constant est en petits cristaux mais le feldspath dominant est l'orthose, contenant de belles perthites fusiformes ; elle s'insinue entre les autres minéraux et englobe des grains de quartz ; le diopside est vert pâle, parfois bien frais, parfois ouralitisé.

Une roche de composition proche a été retrouvée par la suite à Gleibat el Vayé, en intercalation dans des gneiss à biotite. Il est possible que ce deuxième groupe d'affleurement dont la superficie n'est que de quelques kilomètres carrés ait été, antérieurement à la mise en place des granites d'où dérivent les gneiss à biotite, en liaison avec les gneiss à diopside des Gleibat el Hadej et Ould Aïssa.

La roche, cette fois, est moins saccharoïde ; le diopside, plus abondant et mieux orienté, souligne la schistosité sur un fond feldspathique rose.

En lame mince, elle montre une composition assez analogue à la précédente. La structure est porphyroblastique ; les gros cristaux sont essentiellement du diopside vert, partiellement ouralitisé, associé à de l'apatite et à du sphène en gros grains dont l'abondance est remarquable ; le quartz est absent ; le fond granoblastique de la roche est composé d'un plagioclase plus basique, de l'andésine (33 % d'An) avec un peu de microcline, et, fait intéressant, on observe, cette fois-ci, quelques grains de scapolite. C'est encore une plagioclasite à pyroxène.

Enfin, le troisième et dernier gisement qui a pu être observé est celui qui s'étend du puits d'Arouénit (qui lui doit peut-être son origine) jusqu'au-delà de la frontière du Rio de Oro.

Il forme une arête rocheuse dont l'épaisseur varie d'une dizaine à une cinquantaine de mètres et dont la hauteur de commandement est en moyenne d'une quinzaine de mètres. Ce banc se trouve intercalé dans une assez puissante série de gneiss à cordiérite et sillimanite mais est partiellement en contact avec un petit massif de granite calcoalcalin beaucoup plus récent qui, par métamorphisme de contact, est peut-être responsable des nombreux minéraux observables [28]. Ces minéraux sont répartis de façon très hétérogène, de sorte que l'on observe des bancs de quelques mètres très leucocrates, à faciès de cipolin, alternant avec des bancs mélanocrates.

Le type le plus abondant est représenté par une roche bien cristallisée à grain moyen, compacte, sans orientation visible, où, sur un fond blanc, se détachent des cristaux globuleux noirs et brillants et quelques taches vert jaunâtre plus rares. Si je puis me permettre cette

(1) Ce gisement aurait donc 2 à 3 km de long sur une centaine de mètres de largeur.

comparaison, la roche a l'aspect d'un morceau de fromage de Roquefort. Le grain de la roche n'est jamais très fin mais on rencontre parfois des formes pegmatitiques, à grands éléments, avec des cristaux de pyroxène noir verdâtre, à éclat semi-métallique à cassure esquilleuse, atteignant 7 cm de long (Pl. 2, fig. 1), et des grenats rouge vineux de la taille d'un pois ; des filaments d'épidote vert olive atteignant 4 cm de puissance traversent localement la roche et ajoutent à son aspect curieux.

Le type leucocrate se montre, en lame mince, être composé d'un fond de microcline dont l'importance varie considérablement : parfois la proportion $\frac{\text{microcline}}{\text{diopside} + \text{grenat}}$ (évaluée approximativement lors de l'examen de la plaque) est de l'ordre de 5 à 1 ; d'autres fois, ce feldspath est relativement peu abondant et l'on passe à des pyroxénites feldspathiques.

Dans ce fond finement granoblastique de microcline se détachent de gros cristaux de grenat rose, légèrement biréfringent (andradite-grossulaire ferrugineux) ⁽¹⁾ et de diopside ferrique (tendant vers l'hedenbergite), souvent entouré d'une auréole de petits grenats, puis de petites aiguilles de biotite verte ; quelques lames de wollastonite ont été notées (Pl. 1, fig. 4).

Dans les types mélanocrates, c'est le grenat qui prédomine et on passe à des grenatites à diopside et microcline (Pl. 1, fig. 2). Il appartient toujours à la même espèce minérale ; il est assez altéré avec de nombreuses inclusions de magnétite. Comme deuxième élément au point de vue quantitatif vient le diopside ; le microcline, voisinant avec quelques grains d'apatite, est très peu abondant.

CARACTERES CHIMIQUES DES ROCHES DERIVANT DES SEDIMENTS CALCAIRES

Un cipolin et trois roches à diopside ont été analysés, à savoir :

1. Cipolin à antigorite et phlogopite.
Origine : guelb Haouli.
Analyste : M^{me} MARTINET.
2. Pyroxénite à microcline et diopside avec un peu de scapolite.
Origine : Gleibat el Vaye.
Analyste : H. BRUSSET.
3. Lamboanite ⁽²⁾ à microcline, diopside, grenat.
Origine : ouest proche d'Arouénit.
Analyste : M^{me} MARTINET.
4. Grenatite à diopside et microcline.
Origine : ouest proche d'Arouénit.
Analyste : M^{me} MARTINET.

(1) Etude minéralogique due à L. BODIN, Minéralogiste de la Direction des Mines à Dakar.

(2) Lamboanite : roche correspondant à un gneiss dépourvu de quartz (LACROIX, *Minér. de Madagascar*).

Les résultats de ces analyses sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

	1	2	3	4
SiO ₂	13,50	60,24	54,30	44,40
Al ₂ O ₃	0,20	16,56	22,25	6,10
Fe ₂ O ₃	0,50	0,05	1,80	8,90
FeO	0,15	2,52	0,95	4,40
MgO	15,75	1,84	0,40	5,80
CaO	34,70	6,90	3,65	25,35
Na ₂ O	0,05	5,64	4,80	2,85
K ₂ O	0	4,43	10,90	0,05
CO ₂	32,70			
TiO ₂	traces	0,08	0,25	0,80
P ₂ O ₃	non dosé	0,30	non dosé	non dosé
H ₂ O + ...	2,40	1,39	0,55	1,25
H ₂ O —	0,15	0,03	0,15	0,15
TOTAL	99,50	99,98	100,00	100,05

La première roche dérive nettement, de par ses teneurs en chaux, magnésie et gaz carbonique, d'un calcaire magnésien ; les trois autres roches contiennent une assez grande proportion de silice. L'analyse chimique, pour ces trois dernières roches, ne donne aucune indication sur leur origine possible qui ne peut être déduite que de leur composition minéralogique. Cette question sera discutée plus loin (p. 66).

LES MICASCHISTES

Entre Aouïnet em Mlis et Amochterki, la piste d'Atar à Fort-Gouraud traverse, sur environ quatre kilomètres, une zone de faible étendue de micaschistes formant un petit synclinal pincé dans des gneiss à biotite avec lesquels ils sont en concordance.

Il s'agit de micaschistes bleu argenté, bien feuilletés, à muscovite et chlorite. En lame mince, on retrouve ces minéraux associés à du rutile.

D'autres micaschistes se rencontrent également sur le pourtour de la koedia Idjil (Oum el Hbel, Fderik) où ils forment quelques bancs d'une cinquantaine de mètres de puissance ; ils passent latéralement à des quartzites micacés, parfois grenatifères. Ce sont des micaschistes, à biotite en fines paillettes parfois ferruginisées, ce qui donne une teinte rougeâtre à la roche. A el Amariat, on peut observer de curieux cristaux de quartz en doigt de gant.

LES AMPHIBOLITES FELDSPATHIQUES NON LIEES AUX CALCAIRES METAMORPHIQUES

Localement, on trouve dans les gneiss des bancs plus sombres interstratifiés dont la puissance varie de quelques centimètres à une cinquantaine de mètres : sud-est de Tidjaraten, Aguelte Ichtib, ouest de Chaiman, guelb Lefreidi, sur la piste, à 8 km au sud de Fort-Gouraud, sur la piste de Bir Moghreïn, à la hauteur de guelb el Jerade, etc...

Jamais elles n'occupent de grandes étendues. Il s'agit de roches mésocrates, bien rubanées, où les éléments blancs en minces lits réguliers, parfois à reflets bleutés, tranchent sur le fond noir, brillant, bien recristallisé de la roche. L'amphibole est facilement reconnaissable à l'œil nu, en lamelles atteignant parfois deux millimètres ; l'allongement de ces cristaux est parallèle à la schistosité de la roche.

En lames minces, on retrouve cette texture litée avec une structure granoblastique. Le plagioclase, très saussuritisé, est du labrador (50 à 60% d'An); il voisine avec de l'augite vert pâle et surtout avec de la hornblende sans doute secondaire. Dans les interstices de ces minéraux, on trouve parfois de petits cristaux de quartz ; cet élément est également en inclusions dans la hornblende. Comme espèces accessoires, on rencontre de la magnétite et un peu de zoïsité et parfois de serpentine. Ces roches sont donc des amphibolites feldspathiques et pyroxéniques.

LES GNEISS

Les quartzites ferrugineux, en dehors de la koedia Idjil, n'ont que des affleurements localisés et restreints, les calcaires métamorphiques et leur cortège de roches silicatées ainsi que les micaschistes et les amphibolites feldspathiques ne sont que des accidents pétrographiques dans la Série de l'Amsaga qui est essentiellement constituée de gneiss. Ceux-ci sont de différents types et, en se fondant sur des critères minéralogiques, on peut distinguer des gneiss à cordiérite et sillimanite, des gneiss à biotite, des gneiss à hypersthène et des leptynites grenatifères.

Gneiss à cordiérite et sillimanite.

EXTENSION GEOGRAPHIQUE

Ils forment des massifs de collines depuis le draa Malichigdane, au sud duquel on ne les rencontre pas, jusqu'aux hauteurs d'Adraye, qui marqueraient leur limite nord. A l'est, ils s'envoient sous la falaise cambrienne de l'Adrar ; leur limite occidentale est confuse, mais ils sont absents du Tijirit et du Tasiast, de sorte que leur aire d'extension est limitée à l'Amsaga oriental et à la partie méridionale du Tiris français. Pour préciser leur répartition, disons qu'ils constituent cinq massifs, à savoir :

- l'important massif qui va de 3 km au nord de Tiderez jusqu'au draa Malichigdane, dont les dunes masquent sa terminaison sud ; il comporte les collines de guelb el Grara et d'Aïdzidin ;
- une partie des collines des Menat Bou Garn, guelb el Hallet, Rmeminat, Bou Aleiba ;
- une petite zone au sud d'Aouinet em Mlis (collines septentrionales de Ioulguend) ;
- la grande zone allant des Gleibat Oum Khamlet et qui s'étend, avec plus ou moins de continuité jusqu'à Adraye. Les collines de guelb Tikit, guelb el Bora, guelb Halima, une partie de celles de Dar el Kelb, celles de guelb Chikaoui et de guelb Mint Askeri appartiennent à ce massif.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Ce sont des roches généralement mésocrates, de couleur gris bleuté foncé, maculées de brun rougeâtre quand elles sont grenatifères, parfois striées de bandes jaune sale ; leur recristallisation les rend très dures et très compactes ; leur cassure est irrégulière, noduleuse, avec un éclat argenté dans les types riches en sillimanite (Ioulguend), gras dans ceux où la cordiérite est abondante (guelb Tikit). Macroscopiquement, les feldspaths ne sont reconnaissables que quand ils forment des lits bien individualisés ; le quartz est globuleux ; la biotite, jamais très abondante, apparaît en aiguilles brunes.

La cordiérite peut parfois être reconnue à son éclat gras accompagné de reflets bleu sombre, parfois lilas (guelb Tikit). Par contre, la sillimanite est toujours bien reconnaissable, tant sur les faces altérées que sur les cassures fraîches, car ses aiguilles brillantes atteignent fréquemment plusieurs centimètres de long ; c'est un minéral qui permet de diagnostiquer le plus aisément la roche sur le terrain. Il constitue même la presque totalité de la roche dans un affleurement situé entre le guelb el Grara et Aïdgati. Assez couramment, des grenats roses sont associés à ces minéraux ; sur la face est des collines de Rmeminat, ainsi qu'à la daya Bijjererna, ils atteignent 1 cm de diamètre et donnent à la roche un aspect verruqueux.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

En lame mince, un échantillon, récolté à mi-chemin de Nijan et de Tintan, et qui peut être pris comme exemple des types les plus compliqués (Pl. III, fig. 3), montre une structure à tendance porphyroblastique où les gros éléments sont des grenats almandins, de grandes plages de cordiérite souvent mâclée, altérée en produits micacés (pinite) sur les bords, avec des zircons à auréole pléochroïque ; elle est associée à de la sillimanite typique.

Ces porphyroblastes sont contenus dans un fond de quartz et de microcline avec un peu de plagioclase (oligoclase) ; la biotite brune ou chloritisée est peu abondante. On peut noter quelques variantes à cette composition minéralogique qui est la plus fréquente. A guelb el Bora, la muscovite est présente sous forme de rares lamelles, parfois les feldspaths sont absents et on passe à des quartzites grenatifères à cordiérite et sillimanite (Adraye) ; d'autres fois (guelb el Bora), c'est la cordiérite qui est absente et la nature alumineuse du gneiss n'est indiquée que par la sillimanite. A Ioulguend, ainsi que dans les affleurements rencontrés entre le guelb el Grara et Aïdgati, la sillimanite est liée uniquement à la cordiérite zirconifère à l'exclusion de feldspath et de quartz (fibrolite à cordiérite) (Pl. III, fig. 1). Dans le premier de ces gisements, de l'anthophyllite, assez abondante, a, en plus des minéraux précédents, été également notée. Le disthène n'a jamais été observé. Le tableau ci-contre résume les caractères pétrographiques de ces gneiss.

ANALYSES CHIMIQUES

Voici les résultats d'analyse de quatre de ces roches :

- 5) Gneiss à grenat et sillimanite.

Origine : daya Bijjererna.

Analyste : M^{me} MARTINET.

- 6) Gneiss à cordiérite, sillimanite, grenat (presque un quartzite).

Origine : guelb TIKIT.

Analyste : M^{me} MARTINET.

**CARACTERES MINERALOGIQUES DES GNEISS A CORDIERITE
ET SILLIMANITE**

ORIGINE	POU ALEIBA	ENTRE NIJAN ET TINTAN	GUELB EL BORA	GUELB TIKIT	ADRAYE	ENTRE GUEL EL GRARA ET AIDGATI
DÉTERMINATION..	Gneiss à cordié- rite, sillimanite, grenat.	Gneiss à cordié- rite, sillimanite, grenat et bio- tite.	Gneiss à biotite, grenat, sillima- nite.	Gneiss à cordié- rite, sillimanite, grenat (presque un quartzite).	Quartzite à grenat, cordiérite, silli- manite.	Cordiérite et silli- manite.
STRUCTURE	Granoblastique étirée.	Tendance porphy- roblastique.	Tendance porphy- roblastique.	Granoblastique.	Granoblastique.	Fibreuse.
QUARTZ	Recristallisé.	Recristallisé.	Recristallisé.	Dominant, recr- tallisé.	Recristallisé.	Néant.
FELDSPATH K. ..	Orthose et micro- cline à perthite fusiforme. (élé- ment dominant).	Microcline.	Microcline à per- thite fusiforme.	Microcline peu abondant.	1 plage d'orthose.	Néant.
PLAGIOCLASES ..	Quelques grains.	Rares.	Oligoclase (An 30).	Oligoclase (An 25) rare.	Néant.	Néant.
AUTRES MINÉRAUX	Grenats incolores à auréole de biotite, sillima- nite en cristaux, cordiérite.	Grenat rose pâle, cordiérite abon- dante à inclu- sions de sillima- nite et zircons. Biotite.	Grenats rose pâle, biotite chloriti- sée, sillimanite en cristaux, rares lames de mus- covite.	Sillimanite en cris- taux, cordiérite, grenats avec bio- tite d'altération.	Grenats et cordié- rite = éléments dominants, silli- manite en cris- taux abondants.	Cordiérite à inclu- sions de zircon envahie par fi- bres de cristaux de sillimanite.
MINÉRAIS		Magnétite.		Magnétite.		Rutile.

7) Gneiss à cordiérite, sillimanite, grenat et biotite.

Origine : entre Nijan et Tintan.

Analyste : H. BRUSSET.

8) Gneiss à sillimanite et grenats.

Origine : Rmémimat.

Analyste : PATUREAU.

	5	6	7	8
SiO ₂	57,90	86,25	65,57	51,77
Al ₂ O ₃	21,20	5,80	21,51	30,15
Fe ₂ O ₃	1,75	1,95	0,02	4,70
FeO	11,15	1,60	3,29	3,85
MnO		traces		0,015
MgO	2,40	0,75	0,87	2,53
CaO	1,80	0,70	1,36	1,29
Na ₂ O	1,55	1,10	1,11	1,25
K ₂ O	traces	0,85	3,80	2,30
TiO ₂	1,60	0,30	0,39	1,60
P ₂ O ₅				0,12
H ₂ O + ...	0,85	0,70	1,98	0,23
H ₂ O —	0,15	0,10	0,11	0,45
TOTAL	100,25	100,10	99,85	100,25

Les paramètres de NIGGLI correspondant à ces analyses serviront à construire différents diagrammes; on en trouvera les valeurs dans le tableau ci-dessous :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
5	190	41,5	47,3	6,2	5,0	0	0,25
6	872	34,5	40,7	7,9	17,0	0,35	0,28
7	302	58,2	19,3	6,6	16,0	0,69	0,31
8	161	55,1	32,4	4,3	8,2	0,56	0,36

Leptynites.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Ce sont des roches leucocrates, généralement blanches, plus rarement rose brique (guelb Mohamed ould Mohamed Talmodi, guelb el Alpha), massives, se débitant en grands bancs de plusieurs mètres d'épaisseur (Pl. 2, fig. 2). La cassure est fréquemment saccharoïde, elle est grenue chez les formes à gros feldspaths. La schistosité, confondue avec la stratification, est soulignée fréquemment par des alignements de petits grenats rouges de la taille d'une tête d'épingle ; d'autres fois, la biotite, en très fines paillettes, permet le débit en plaquettes ; le plus souvent, fait remarquable, le quartz est aligné en petits lits fusiformes, en lentilles aplaties ; plus rarement, il est groupé en petits nids (partie nord-ouest de Dar el Kelb).

EXTENSION GEOGRAPHIQUE

Elles sont, comme les roches du groupe précédent, localisées dans l'Amsaga oriental et la partie ouest du Tiris français.

L'affleurement le plus méridional se rencontre au nord de Iagref, en bordure de la piste d'Atar ; il n'a que quelques kilomètres carrés.

La principale zone d'affleurement (plus de 60 km de long sur une vingtaine de large) s'étend du sud des Menat Bou Garn jusqu'à la frontière méridionale du Rio de Oro où ces roches doivent avoir une extension appréciable. Comme points géographiquement remarquables de cette zone, il faut citer : les collines de Jamra, Hihikh, de Tinamsat, de guelb Saur, des Zanouniat, les nombreuses hauteurs de Zerlane, Anouichlat, Saouda, etc...

Comme cette énumération l'indique, la compacité de ces roches leur a permis de résister à l'érosion et de constituer de longues chaînes de collines orientées sensiblement nord-sud. On retrouve ces roches à Dar el Kelb, à el Moilah (sur la frontière sud-est du Rio de Oro) et jusque sur la rive orientale de la sebkha Idjil, au sud d'Oum Dferate ; elles forment encore quelques petites taches à guelb Azouazil et dans la koedia el Aghnem, où elles occupent une position intéressante.

Les types roses sont localisés en une petite bande allant de guelb el Alpha, Gleibat el Vayé et comprend les collines de Mohamed ould Mohamed Talmodi.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

En lame mince, le type le plus leucocrate reconnu (Jamra) montre une structure recrystallisée ; le microcline, contenant des perthites fusiformes, constitue les trois-quarts de la roche, puis vient le quartz concentré en lits et enfin de rares grains de plagioclases myrmekitisés ; les éléments ferromagnésiens sont totalement absents. A el Mokhanze, les plagioclases sont un peu plus abondants et il y a un peu de biotite. La proportion de ce minéral augmente un peu dans d'autres échantillons (guelb el Hallet) mais il semble être, au moins partiellement, d'origine secondaire. Les plagioclases sont toujours acides, ce sont de l'oligoclase, voire même parfois de l'albite (gisements à 12 km à l'est de guelb el Azib). La roche de la plupart des autres gisements contient des grenats almandins, rose pâle ou incolores, fréquemment altérés. Dans ces types plus complexes, la structure devient porphyroblastique, les gros cristaux étant formés de quartz, de microcline à micropertithe fusiforme, de grenats (Pl. III, fig. 2) ; mais le point sur lequel on ne saurait trop insister dans cette description, c'est la grande abondance de microcline qui est toujours le minéral dominant et qui, souvent, forme la majeure partie de la roche.

Enfin, certains échantillons montrent quelques cristaux de sillimanite (Hihikh) ou de cordiérite (Bou Aleiba Zerlane) disséminés entre les plages de microcline.

Ces caractères microscopiques sont synthétisés dans le tableau ci-contre où sont figurés les principaux types de leptynites qui, en résumé, sont caractérisés par :

- du quartz abondant, en lentilles aplaties ;
- du microcline comme élément dominant ;
- des plagioclases acides, peu abondants ;
- de l'almandin fréquent ;
- la rareté des minéraux accessoires.

ANALYSES CHIMIQUES

Cinq de ces roches ont été analysées.

9. Leptynite grenatifère.
Origine : Anouchlat
Analyste : BORDET.
10. Leptynite grenatifère.
Origine : est de Sénine Kembo.
Analyste : M^{me} MARTINET.
11. Leptynite grenatifère à biotite.
Origine : guelb el Hallet (versant est).
Analyste : PATUREAU.
12. Leptynite grenatifère rose.
Origine : guelb el Alpha.
Analyste : BORDET.
13. Leptynite grenatifère à biotite et rares cristaux de sillimanite.
Origine : Hihikh.
Analyste : PATUREAU.

Gneiss calcoalcalins à biotite.

EXTENSION GEOGRAPHIQUE

Ces gneiss constituent la plus importante entité pétrographique de la Série de l'Amsaga. Ils forment la pénéplaine de l'Amsaga occidental et sont recouverts en discordance, dans cette région, par les schistes de la Série d'Akjoujt. Ce sont eux également qui constituent les grandes étendues plates de l'Amsaga occidental et du Tiris, où ils forment des collines beaucoup plus rarement que les autres types de roches : Ahabari, Tindiat.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Le mode fréquent d'affleurement est en dalles ou en « dos de tortue » (agours, garfa) ne dépassant pas deux mètres de haut. Le type à biotite est très largement prédominant ; quelques types à deux micas, à muscovite rare, ont été observés en accidents de peu d'étendue dans l'Amsaga occidental, à l'ouest de l'Adam Tamat.

Parfois la schistosité gneissique, confondue avec les directions tectoniques, est nettement marquée par l'alignement des cristaux de biotite et la roche a l'aspect bien typique des gneiss (cas fréquent dans l'Amsaga occidental) ; souvent, au contraire, on se trouve en présence de

TABLEAU DES
DES DIFFE

ORIGINE	JAMRA	EL MOKHANZE	EST DE EL
DETERMINATION	Leptynite.	Leptynite.	Leptynite
STRUCTURE TEXTURE	Tendance granoblastique.	Granoblastique.	Granoblastique.
QUARTZ	Abondant en lentilles aplaties.	En lits.	Abondant aplaties.
FELDSPATH K	Microcline à perthite, élément largement dominant.	Microcline en lits.	Microcline = élément dominant.
PLAGIOCLASES	Rares grains myrméctisés.	Oligoclase séricité.	Oligoclase
MICA	Absent.	Une peu de biotite associée à damourite.	Biotite très rare.
GRENAT	Absent.	Absent.	Invisible sur Existe sur éc
SILICATES D'ALUMINE	Absent.	Absent.	Absent.
MINERAUX ACCESSOIRES	Néant.	Néant.	Zircons.

**CARACTERES MICROSCOPIQUES
DE DIFFERENTS TYPES DE LEPTYNITES**

GUELB ZIB	GUELB HALLET VERSANT EST	GUELB EL ALPHA	HIHIKH	BOU ALEIBA
grenatifère.	Leptynite à biotite et grenat.	Leptynite rose.	Gneiss grenatifère à biotite.	Gneiss à grenat avec un peu sillimanite et cordiérite.
orientation	Porphyrogranoblastique orientée.	Porphyroblastique.	Porphyrogranoblastique.	Granoblastique « aplatie ».
en lentilles	En porphyroblastes aplatis et petits grains.	En porphyroblastes allongés et en petits grains.	En porphyroblastes allongés.	En lentilles aplaties.
à perthite élément domi-	Fond granoblastique de microcline à perthite.	Microcline à perthite en porphyroblastes et grains.	Microcline à perthite = élément dominant.	Orthose et microcline à perthite = élément dominant.
acide rare.	Oligoclase acide séricitisé.	Oligoclase peu abondant.	Oligoclase peu abondant — rares myrmékites.	Rares (quelques grains indéterminables).
pléochroï- doblastes	Un peu de biotite très pléochroïque, un peu de muscovite.	Absent.	Biotite disséminée très pléochroïque et zirconifère.	Absent.
P.M. échantillons.	En porphyroblastes.	Porphyroblastes incolores (almandin).	En porphyroblastes rose pâle.	Incolores.
	Absent.	Absent.	Rares cristaux de sillimanite.	Rares cristaux de sillimanite. Rares plages de cordiérite altérée.
	Titanomagnétite.	Epidote.	Zircons rares.	Néant.

	9	10	11	12	13
SiO ₂	71,60	74,50	72,50	74,87	73,65
Al ₂ O ₃	15,82	15,00	15,00	15,12	14,20
Fe ₂ O ₃	2,06	0,75	1,60	0,14	1,48
Fe O	0,37	1,20	0,35	0,75	0,70
Mn O	0,07		0,01		
Mg O	2,05	0,25	0,60	0,20	0,47
Ca O	0,87	1,80	2,00	1,10	1,60
Na ₂ O	1,96	3,80	2,60	0,75	2,25
K ₂ O	2,13	2,65	3,50	5,08	4,50
TiO ₂	0,20	0,10	0,35		0,25
P ₂ O ₅	0,16		0,13		0,10
H ₂ O + ...	0,15	0,45	0,65	2,14	0,20
H ₂ O —	2,10	0,00	0,20		0,25
TOTAL	99,54	100,50	99,49	100,15	99,65

COMPOSITIONS VIRTUELLES

NUMÉROS	9	10	11	12	13
Q	47,64	37,26	39,18	47,88	39,60
Or	12,23	16,12	20,57	30,02	26,69
Ab	16,77	31,96	22,01	6,29	18,86
An	3,34	8,90	9,17	5,56	7,23
Cor	9,08	2,55	3,57	6,32	2,96
Mg SiO ₃	5,10	0,60	1,50	0,5	1,20
Fe SiO ₃		1,45		1,19	
Ma	0,46	1,16		0,23	1,62
Ilm	0,46	0,15	0,80		0,46
He	1,76		1,60		0,32
Ap	0,34		0,34		0,34

A ces compositions virtuelles, correspondent les paramètres de LACROIX suivants :

N° 9	I' '3 '2 3'	$\frac{\text{or}}{\text{plag}} = 0,60$	An % 16
N° 10	I 3(4) 2 '4	$\frac{\text{or}}{\text{plag}} = 0,39$	An % 22
N° 11	I 3' 2 3	$\frac{\text{or}}{\text{plag}} = 0,66$	An % 29
N° 12	I 3 2 '2	$\frac{\text{or}}{\text{plag}} = 2,57$	An % 47
N° 13	I 3' 2 '3	$\frac{\text{or}}{\text{plag}} = 1,02$	An % 28

Les paramètres de NIGGLI sont :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
N° 9	390	50,6	26,8	4,9	17,6	0,41	0,62
N° 10	411	48,7	10,9	10,6	29,8	0,32	0,18
N° 11	400	48,6	13,2	11,9	26,1	0,47	0,37
N° 12	497	59,0	6,8	8,0	26,3	0,82	0,29
N° 13	421	47,6	13,7	9,9	28,8	0,57	0,3

granites à texture orientée, montrant des cassures compactes, vitreuses, signes de recristallisation ; tous les intermédiaires se rencontrent entre ces deux types extrêmes.

Très fréquemment, certaines zones de ces gneiss montrent une texture plus ou moins rubanée : Adam Tamat, Bouir Amar ould Agdebija, Liboïrat de l'Amsaga, Agmimitat, etc... (Pl. XIV, fig. 1 à 5 - Pl. XV, fig. 1), beaucoup plus rarement œillée : Hajakh el Hajakh (Pl. XIV, fig. 3) ; on a alors un faciès de migmatites rubanées typiques passant même parfois à des anatexites : Touyerma, dans l'Amsaga, et Imchiklet dans le Tiris.

Nous verrons par la suite (p. 157) la discussion de l'origine des ces migmatites.

Macroscopiquement, le fond de la roche est indifféremment blanc, rose ou même rouge ; ces deux derniers faciès colorés sont particulièrement abondants au Tiris où ils forment des zones bien individualisées. Les types colorés ont, en général, moins bien résisté à l'érosion que les gneiss à feldspaths blancs. Le quartz, les feldspaths plus ou moins altérés et la biotite en aiguilles sont toujours bien reconnaissables ; le mica est parfois chloritisé (Chaiman). Dans certaines régions (Timberouane, Iguerch), où les venues basiques ultérieures ont été abondantes, l'épidote est fréquente, soit en filonnets, soit en petites mouches éparses dans la roche.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

Au microscope, toutes ces roches montrent une recristallisation ou totale ou plus ou moins poussée (tendance granoblastique) (Pl. IV, fig. 1-2) ; beaucoup plus rarement, la roche est seulement grenue avec traces d'écrasement, d'orientation (est immédiat d'Afout). Dans les gneiss de l'Adam Tamat, qui peuvent être considérés comme caractéristiques de ce groupe, les quartz à extinction roulante s'imbriquent les uns dans les autres et sont les premiers éléments recristallisés ; le microcline, toujours très frais, à perthite fusiforme, est constant ; l'orthose est rare ; les plagioclases, toujours très damouritisés, parfois même méconnaissables, appartiennent à la série oligoclase andésine (25 à 30 % d'An), la myrmékite est fréquente. Dans les types complètement recristallisés (nord d'Iriji, nord d'Arouakim, par exemple), la biotite est en lépidoblastes bruns (Pl. IV, fig. 1). Dans les types plus granitoïdes, observables notamment dans les régions de Kalla, de Nizan, ou dans le sud du Tiris (Areïbat), ce mica est en amas, en traînées de lamelles déchiquetées, chloritisées (Pl. IV, fig. 2), avec des aiguilles brunes de biotite secondaire dont la proportion varie avec le degré de recristallisation de la roche. Les minéraux accessoires sont le sphène, l'apatite, du rutile en inclusion dans la biotite, la magnétite, le zircon, de rares lamelles de muscovite, parfois de l'épidote, assez abondante dans les roches de la région s'étendant entre l'oued Louibde et Tidajraten, ou au nord d'Iriji ;

en ce dernier point, ce minéral a une couleur jaune assez singulière, peut-être due à une teneur anormale en fer (renseignement oral de L. BODIN). La zoisite est fréquemment associée à l'épidote dans ces gisements, de l'allanite a été observée dans un échantillon récolté à environ 12 km plein nord de la pointe d'Araguib.

Dans le type le plus fréquent, bien observable par exemple le long de la piste d'Atar, à partir de Iagref ou en bordure de l'Akchar, dans la « région des dayas », la quantité d'oligoclase est à peu près égale à celle de microcline : ce sont des orthogneiss monzonitiques ou des granites monzonitiques en voie de recristallisation. Par ailleurs (Chaiman, Agabouniate, etc...) le plagioclase est de l'andésine qui devient prédominante : on passe à des types granodioritiques. Les types à texture migmatitique montrent une structure porphyroblastique, mais ont la même composition pétrographique.

TABLEAU DES CARACTERES MICROSCOPIQUE

ORIGINE	ENTRE OUM ARAOUAGEN ET MHERIZAT	ENTRE AROUAKIM ET MJEHIDA	SUD D'EL AOUI	NORD D'IRIJI
DETERMINATION	Gneiss calco- alcalin à bio- tite (granodio- ritique).	Gneiss calco- alcalin à bio- tite.	Gneiss calco- alcalin leuco- crate (gneiss rose du Tiris).	Gneiss ca- alcalin à l tite.
STRUCTURE	Granoblastique à tendance né- matoblastique.	Porphyro- blastique.	Granoblastique.	Granoblastique
QUARTZ	En grains étirés.	En bandes très étroites.	En grains fins disposés en lits.	En lits.
FELDSPATHS K.	Microcline subordonné à perthites fusi- formes.	Microcline à perthites fusiformes.	Microcline et orthose à perthites fusi- formes.	Microcli dominant.
PLAGIOCLASES	Oligoclase basique.	Oligoclase An 25 % su- bordonné.	Oligoclase An 23 %.	Oligocla An 25 %.
MYRMEKITES	Absente.	Absente.	Absente.	Rare.
MIGMATISATION	Non.	Non.	Non.	Non.
MICAS	Biotite à inclu- sion de rutile.	Biotite en traî- nées orientées.	Biotite très rare.	Biotite zirco- fère en tr nées orienté
MINERAUX ACCESSOIRES .	Apatite, zircon, magnétite.	Zircon, apatite magnétite, cal- cite.	Magnétite, zir- con.	Epidote jau apatite.

JES DES PRINCIPAUX TYPES DE GNEISS A BIOTITE

	AGABOUNIATTE	ENTRE GUELB EL GRARA ET AIDGATI	ADAM TAMAT	KALLA	AREIBAT	CHAIMAN
lco- bio-	Gneiss calco- alcalin (grano- dioritique) à biotite.	Gneiss calco- alcalin à bio- tite à texture rubanée.	Gneiss calco- alcalin à mus- covite.	Granite leuco- crate calcoal- calin en voie de recristalli- sation.	Granite monzo- nitique à bio- tite en voie de recristalli- sation.	Granodiorite à biotite en voie de recristalli- sation.
e.	Granoporphyro- blastique.	Granoblastique.	Granoblastique.	Grenue à ten- dence grano- blastique.	A tendance gra- noblastique.	Grenue à ten- dence grano- blastique.
	En lits entou- rant les gros plagioclases.	En lits.	En lits.	En granoblastes.	En granoblastes.	En grandes plages.
ne	Microcline rare.	Microcline frais entre les cristaux (mig- matisation).	Microcline abondant.	Microcline à perthites fusiformes.	Microcline à perthites fusiformes.	Microcline peu abondant.
se	Oligo-andésine à 30 % en gros cristaux.	Oligoclase An 25 % à antiperthites.	Très altéré.	Oligoclase rare.	Oligoclase An 23 %.	Oligoclase basique altéré 22 %.
	Très rare.	Abondante.	Absente.	Abondante.	Absente.	Peu abondante.
	Non.	Certaine.	Non.	Vraisemblable.	Non.	Discutable.
ni- ai- es.	Biotite orientée.	Biotite orientée.	Muscovite, biotite très rare.	Biotite, musco- vite très rare.	Biotite orientée.	Biotite chlori- tisée orientée.
ie,	Apatite, épidote, magnétite.	Magnétite.	Epidote, sphène.	—	Magnétite.	Epidote, magné- tite, sphène.

J'avais pensé primitivement que les gneiss roses du Tiris correspondaient à une espèce pétrographique différente et les avais cartographiés séparément. Leur étude en lames minces a montré qu'il s'agissait de roches absolument identiques, tant par leur structure que par leur composition minéralogique analogue aux précédentes.

Cette description est identique à toutes celles qui ont été donnée des granito-gneiss de la Mauritanie sud-orientale [37] ou du reste de l'A.O.F. [75]. Les caractères microscopiques de ces roches ont été résumés dans le tableau ci-contre.

ANALYSES CHIMIQUES

Trois de ces gneiss ont été analysés.

14. Gneiss calcoalcalin à biotite de l'Adam Tamat.

Analyste: M^{me} MARTINET.

15. Gneiss calcoalcalin (granodioritique) à biotite d'Agabouniate.

Analyste: BARDET.

16. Gneiss calcoalcalin à biotite migmatitique entre guelb el Grara et Aïdgati.

Analyste: PATUREAU.

	14	15	16
SiO ₂	74,05	71,06	74,45
Al ₂ O ₃	12,85	16,43	14,80
Fe ₂ O ₃	1,40	0	0,35
Fe O	1,65	2,08	0,63
Mn O	non dosé		0,02
Mg O	0,30	0,26	0,62
Ca O	0,95	3,17	2,51
Na ₂ O	3,83	3,53	4,20
K ₂ O	3,40	2,35	1,36
TiO ₂	0,25	0,11	0,40
P ₂ O ₅	non dosé		0,05
H ₂ O + ...	0,93	} 0,75	0,08
H ₂ O —	0,12		0,45
TOTAL	99,73	99,74	99,92

Compositions virtuelles

	14	15	16
Q	34,94	32,76	38,82
Or	20,02	13,90	7,78
Ab	31,96	29,87	35,63
An	4,73	15,57	11,68
Cor	1,12	2,35	2,14
Mg SiO ₃	0,80	0,60	1,60
Fe SiO ₃	1,45	3,70	0,26
Ma	2,09		0,46
Ilm	0,46	0,15	0,76
Ap			0,34
Σc	93,87	94,45	96,05
Σb	4,80	3,91	3,42

On remarque la grande similitude des paramètres de ces trois roches.

Les différents tableaux ci-après montrent l'étroite parenté de ces différents gneiss et confirment l'opinion que l'on peut acquérir sur le terrain, à savoir qu'on se trouve en présence d'un ensemble bien homogène ne présentant que de faibles variations de composition.

Paramètres de LACROIX

N° 14	1	3 (4)	(1) 2	(3) 4
	$\frac{\text{or}}{\text{pl}} = 0,54$		An % = 13	
N° 15	1	3 (4)	(2) 3	4
	$\frac{\text{or}}{\text{pl}} = 0,31$		An % = 34	
N° 16	1	3'	2 (3)	4'
	$\frac{\text{or}}{\text{pl}} = 0,16$		An % = 24	

Paramètres de NIGGLI

	si	al	fm	c	alk	k	mg
N° 14	427	43,6	16,9	5,8	33,5	0,37	0,16
N° 15	354	48,2	10,5	16,8	24,6	0,30	0,17
N° 16	411	48,0	9,9	14,9	27,2	0,17	0,53

Gneiss à hypersthène.

EXTENSION GEOGRAPHIQUE

Ce sont des roches bien recristallisées, compactes, résistant bien à l'érosion de sorte que leurs zones d'affleurement sont toujours jalonnées par des collines arrondies, ayant souvent un aspect chaotique caractéristique : ces zones d'affleurement sont du sud au nord :

- celle dont la pointe méridionale serait à peu de chose près, marquée par la petite colline de el Embati et qui, vers le nord, s'ennoierait sous les dunes de l'Akchar après avoir formé, entre autres, les chaînes de hauteurs de Mou Khzama, guelb Mint Sidi Baba, Gleibat el Hadej, Chig, Sattle Aouarach, Touama, Sénine Kembo, etc...

Sa largeur serait par endroits d'une dizaine de kilomètres et on la suivrait du nord au sud, sur plus de 50 km ;

- celle, moins étendue et envahie en partie par un massif granitique plus récent qui irait de Tenachfouil au sud jusqu'au delà de la frontière du Rio de Oro où elle n'a pas été suivie, au nord des Gleibat Ouled Bellé ;
- une troisième zone débutant dans la région de Tajalet el Graa où elle est masquée, vers l'est, par les recouvrements primaires et qui rejoint peut-être la précédente en territoire espagnol après avoir largement affleuré dans le Tiris français où elle constitue, au moins partiellement, les collines d'el Arouyat, Mabrouk, Féraouate, guelb el Voujajet, Sellaouridge, etc... ;
- une zone partant du sud-est d'el Aouj, formant les collines comprises entre ce puits et la sebkha Idjil et s'étendant à l'ouest de cette dépression dans les régions de guelb Azouazil et guelb el Voulet ; vers le nord, elle s'ennoie sous les sables du début du rag de el Ouessat ;
- enfin deux petites taches, l'une s'étendant au nord-est du massif de collines de el Aouj, l'autre entre el Achariat et Tizerghaf.

On voit donc que ces formations sont elles aussi, localisées dans l'Amsaga oriental et le Tiris.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Ce sont des roches d'aspect frais, de couleur sombre, variant du gris noirâtre au roux, dont la cassure conchoïdale a un aspect bien recristallisé : on n'y distingue aucun alignement cristallin mais une texture homogène ; parfois seulement un rubanement grossier est perceptible. Ce caractère, joint à l'érosion en boules très poussée qui donne aux collines une apparence d'entassement de blocs, rend difficile le levé de leurs directions tectoniques. Le grain de la roche est fin, le quartz vitreux ; les éléments noirs quoique abondants, ne sont pas reconnaissables macroscopi-

quement à cause de la petite taille des cristaux. Mais le caractère qui frappe le plus, c'est la couleur jaune roussâtre « cassonade » des feldspaths qui évoque le faciès malgachitique de LACROIX [52].

Ajoutons à cette description macroscopique, qu'on trouve parfois, quoique beaucoup plus rarement que pour les gneiss à biotite, quelques échantillons ayant une texture granitoïde (Séniné Kembo).

Enfin, notamment dans la région d'el Achariat, certains types ont une texture de migmatite ; ce faciès migmatitique est surtout remarquable aux abords d'une petite colline, ne semblant pas être dénommée par les indigènes, en territoire espagnol, à proximité immédiate de la frontière, à l'ouest de guelb el Azib. La colline est elle-même constituée de gneiss à hypersthène contenant non pas des lits aplitiques mais des amygdales de feldspaths individualisés (migmatites ceillées).



fig:3

Gneiss à hypersthène
Guelb MINT SIDI BABA
(grossissement environ 100)

b - biotite primaire, *b*₁ - biotite secondaire, *h* - hypersthène
o - ouralite, *f* - oxyde de fer, *q* - quartz.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

En lames minces, des échantillons typiques de la Grara Ariafoûil montrent une structure granoblastique avec du quartz abondant, du microcline à fines perthites fusiformes en quantité un peu plus importante que le plagioclase qui est de l'oligoclase moyen (25 % d'An); de la myrmé-kite se développe au contact des deux feldspaths. Comme dans les charnockites de l'Inde [73], la mâcle de Carlsbad, si souvent notée dans les roches effusives, est toujours absente. La biotite est en lépidoblastes brun rouge et associée à la magnétite; elle serait, au moins en partie, d'origine secondaire; comme minéraux accessoires, des zircons en gros grains et de l'apatite; le sphène est toujours absent, ainsi que HOLLAND [29] l'a noté dans les roches de l'Inde.

L'hypersthène n'a été qu'exceptionnellement observé sans produit d'altération (Sellaou-ridge): il est presque toujours accompagné d'amphibole secondaire (ouralite) qui englobe des résidus de pyroxène; dans des échantillons provenant de guelb el Azib, de Touama, de l'est (3 à 4 km) de guelb el Ghzal, il peut même avoir totalement disparu et être complètement remplacé par l'amphibole; comme minéraux accessoires: des zircons et de l'apatite, souvent abondante.

On se trouve donc en présence de gneiss calcoalcalins à hypersthène, à hypersthène et amphibole ou seulement à amphibole secondaire.

L'origine de la biotite dans ces roches demande à être discutée. Je me bornerai à essayer de savoir si la biotite est d'origine primaire ou, si, au contraire, elle provient, au moins partiellement, de l'altération de l'hypersthène. Les figures 3 et 4, tirées de l'examen en lame mince d'un échantillon provenant de guelb Mint Sidi Baba, donnent une réponse à cette question: Certaines grandes lames de biotite, comme celles visibles en *b* sont indépendantes du pyroxène; les directions de clivage ne sont même pas parallèles. Ces lames peuvent être d'origine primaire. Par contre, de nombreuses lamelles de biotite b_1 , associée à l'ouralite, entourent le cristal de pyroxène de la figure 4; le cristal d'hypersthène de la figure 3 (*h*) montre de nombreuses aiguilles de biotite se développant, en même temps que de l'oxyde de fer, dans les clivages du pyroxène. Ces deux observations indiquent que cette biotite dérive de la destruction du pyroxène.

BUGGE [12] signale qu'au cours de la miçmatisation, de l'hypersthène peut cristalliser aux dépens de la biotite; dans ce cas, le mica est entouré de grains de pyroxène secondaire et on peut obtenir, ainsi, des « charnockites secondaires ». En Mauritanie, ce n'est pas le cas: l'hypersthène est bien primaire et on est en présence de véritables charnockites.

RODE [83] pense que l'hypersthène de certaines charnockites de l'Inde aurait recristallisé à partir de la hornblende provenant d'intrusions hornblendiques dans des roches plus anciennes, intrusions antérieures au métamorphisme. Cet auteur s'appuie sur les caractères minéralogiques (faces, clivages, extinction de ces minéraux): ils sont bien typiques dans l'amphibole alors que les cristaux d'hypersthène des roches qu'il a étudiées ont rarement des faces bien définies, avec des clivages rectangulaires mal développés et une extinction un peu oblique.

Les plaques minces que j'ai examinées montrent au contraire des cristaux d'hypersthène bien nets avec des caractères optiques bien caractéristiques de cette espèce minérale de sorte que l'hypothèse de cet auteur ne me paraît pas valable pour les roches à hypersthène de Mauritanie occidentale.

Un type plus basique (Chig, par exemple) plus sombre macroscopiquement, a qualitative-ment la même composition pétrographique que les gneiss décrits plus haut mais, cette fois, l'oligoclase prédomine sur le microcline et se charge d'antiperthite (Pl. V, fig. 1-2); les minéraux accessoires sont toujours de l'apatite et des zircons libres.

Dans d'autres roches (Ténachfoûil, Sellaouridge), le degré de basicité croît encore: le feldspath potassique disparaît; le plagioclase est une andésine acide (voisine de 35 % d'An) rarement mâclée et contenant des antiperthites (inclusions d'orthose). Ces roches correspondent exactement à celles du pays de Man que P. LEGOUX [58], s'autorisant de A. LACROIX [53], a nommées plagioclasites quartziques de la série noritique.

TABLEAU DES
DES DIFFERENTS

ORIGINE	CHIG	G. MINT SIDI BABA	TENACHFOUIL COLLINE SUD
DETERMINATION.	Gneiss calcoalcalin à hypersthène et biotite.	Gneiss calcoalcalin à hypersthène et biotite.	Gneiss calcoalcalin à hypersthène et biotite.
STRUCTURE	Tendance porphyroblastique.	Granoblastique.	Granoblastique.
QUARTZ	Assez abondant.	Assez abondant.	Abondant.
FELDSPATH K. .	En antiperthites. Un peu de microcline frais (migmatisation).	Microcline à microperthites.	En antiperthites.
PLAGIOCLASE ...	An 28 % à antiperthites myrmékite = migmatisation.	An 36 % myrmékite.	An 32 % à antiperthites.
HYPERSTHENE .	Assez abondant, peu ouralitisé.	Rares grains.	Hypersthène ferruginisé + ouralite.
BIOTITE	A inclusions de magnétite.	Associée à magnétite, très pléochroïque.	Associée à magnétite.
MINERAUX ACCESSOIRES .	Apatite, zircons libres.	Apatite et zircons.	Apatite abondante, petits zircons.

CARACTERES MICROSCOPIQUES
TYPES DE GNEISS A HYPERSTHENE

SELLAOURIDGE	MOU KHZAMA	ENTRE GUELB EL GHZAL ET TOUIJENJERT	SENINE KEMBO	SUD D'AGGUI
Gneiss plagioclasi- que à hyper- sthène et bio- tite.	Amphibolo- pyroxénite feldspathique.	Granite à hyper- sthène et horn- blende.	Gneiss calcoalca- lin à biotite.	Gneiss plagioclasi- que à biotite.
Granoblastique.	Granoblastique grossièrement orientée.	Grenue.	Porphyro - grano- blastique.	Granoblastique.
Abondant, en pe- tits grains.	Absent.	Abondant, en grains étirés.	Abondant.	Peu abondant.
Absent.	En antiperthites.	Microcline et or- those à per- thites.	Microcline à per- thites.	En antiperthites.
An 38 %.	An 50 % (la 1/2 de la roche), quelques anti- perthites.	An 26 % peu abondant.	An 23 % (myrmékite (migmatisation possible).	An 35 % à anti- perthites.
En grains incolores, non ouraliti- sés.	En traînées orien- tées avec un peu d'augite.	Hypersthène as- socié à horn- blende et un peu d'augite.	Grains ferrugini- sés entourés d'ouralite.	Grains déchiquetés jaunâtres, de biotite et délessite rappel- lant la forme de l'hypersthène.
Associée à ma- gnétite et hy- persthène.	Associée à horn- blende brun- vert et à ma- gnétite.	Associée à hy- persthène, oura- lite et magné- tite.	Très pléochroï- que, associée à des amas de magnétite.	Associée en grains à chlo- rite.
Apatite, zircons.	Apatite très abondante, zircons auto- morphes.	Apatite, gros zircons automorphes.	Apatite, zircons automorphes.	Apatite, zircons abondants.



fig:4

Gneiss à hypersthène
Guelb MINT SIDI BABA
(grossissement environ 100)

b - biotite, *b*₁ - biotite secondaire, *h* - hypersthène, *o* - ouralite *f* - oxyde de fer, *q* - quartz.

Enfin les collines de Mou Khzama montrent un terme extrême complètement dépourvu de quartz, où le plagioclase devient une andésine-labrador à 50 % d'An, à rares antiperthites; à côté de l'hypersthène et de l'ouralite, existent quelques grains d'augite et d'une hornblende brun-verdâtre, très particulière.

P. MICHOT [70] a également observé cette amphibole associée à de la biotite, toutes deux, selon lui d'origine primaire dans les roches à hypersthène de Norvège méridionale; LELUBRE [63] l'a également signalée dans la série hypersthénique du Tanezrouft, ESKOLA [19] et TURNER [91] pensent que cette couleur est caractéristique des hornblendes du « faciès granulite ». Dans cette roche l'apatite est très abondante et voisine avec des zircons automorphes.

Cette roche aurait donc la composition minéralogique d'un gabbro noritique et correspondrait aux norites mésocrates de P. LECOUX [58].

Les termes plus basiques que cet échantillon : norite mélanocrate, pyroxénolite, n'ont pas été observés.

Dans un autre sens, on trouve des roches moins magnésiennes que le type moyen décrit plus haut : le pyroxène y est peu abondant, en quelque sorte accidentel (est de Séniné Kembo, entre guelb Taleb et guelb Kamoum) et la roche rappelle beaucoup les gneiss à biotite décrits précédemment.

Ces observations microscopiques sont résumées dans le tableau ci-contre qui montre que les roches de cette série sont caractérisées par :

- une structure granoblastique ;
- des feldspaths potassiques à perthites fusiformes ou en antiperthites ;
- de l'hypersthène plus ou moins altéré ;
- de la biotite subordonnée au pyroxène et associée à de la magnétite ;
- de l'apatite souvent abondante et de gros zircons libres.

ANALYSES CHIMIQUES

Voici les résultats d'analyse de ces roches :

17. Gneiss calcoalcalin à hypersthène et biotite.
Origine : Chig (versant est).
Analyste : PATUREAU.
18. Gneiss calcoalcalin à hypersthène et biotite.
Origine : Chig (versant ouest).
Analyste : M^{me} MARTINET.
19. Gneiss calcoalcalin à hypersthène et biotite.
Origine : guelb Mint Sidi Baba.
Analyste : PATUREAU.
20. Gneiss calcoalcalin à hypersthène et biotite.
Origine : Tenachfouil (colline méridionale).
Analyste : M^{me} MARTINET.
21. Gneiss plagioclasique à hypersthène et biotite (plagioclasite quartzite).
Origine : Sellaouridge.
Analyste : M^{me} MARTINET.
22. Gneiss calcoalcalin à biotite (avec résidus ferruginisés d'hypersthène).
Origine : Senine Kembo.
Analyste : M. BORDET.
23. Amphibolo-pyroxénite feldspathique.
Origine : Mou Khzama.
Analyste : M^{me} MARTINET.
24. Granite à hypersthène et hornblende.
Origine : Entre guelb el Ghzal et Touijenjert.
Analyste : M^{me} MARTINET.

Ces granites recristallisés à hypersthène sont pétrographiquement (mais, ainsi qu'on le verra plus loin, d'âge différent) identiques aux roches du pays de Man décrites par LEGOUX [57] qui les compare avec les roches à hypersthène de l'Inde où HOLLAND [29] a nommé le type granitoïde : charnockite. Les descriptions pétrographiques de ces deux auteurs correspondent exactement à celle que je viens de faire et tous deux mentionnent l'association avec des types noritiques. OBERMULLER [75] a décrit également des roches analogues provenant de la Guinée forestière et notamment du pays de Macenta.

Enfin, rappelons que la série de la charnockite est également connue dans le Précambrien de Sierra Leone, de Madagascar [52], de Saxe (« pyroxène granulite » de NAUMAN), de Scandinavie, d'Ukraine, du Canada et de l'Antarctique, avec toujours des caractères proches de ceux de la série hypersthénique de Mauritanie occidentale.

	17	18	19	20	21	22	23	24
SiO ₂	71,55	71,50	75,15	67,50	67,70	69,92	51,32	63,71
Al ₂ O ₃	15,17	15,10	10,75	15,75	16,95	15,64	17,62	17,92
Fe ₂ O ₃	1,44	0,65	3,25	0,70	1,20	1,32	6,80	1,10
FeO	0,70	1,95	1,40	1,75	2,50	0,43	5,20	5,00
MnO	0,03		0,03			0,06	0,19	
MgO	0,58	0,30	0,40	1,50	1,20	1,33	1,71	1,10
CaO	3,72	3,60	1,60	3,60	5,55	2,55	5,75	3,82
Na ₂ O	3,00	5,40	2,20	7,00	3,25	3,86	3,31	3,27
K ₂ O	1,90	1,05	3,60	1,85	0,45	3,13	0,57	2,50
TiO ₂	0,65	0,35	0,80	0,35	0,35	0,25	1,00	1,00
P ₂ O ₅	0,06	0,05	0,15	traces		0,03	0,04	0
H ₂ O + ...	0,14	0,40	0,75	0,45	0,70	0,83	0,70	0,90
H ₂ O —	0,45	0,20	0,29	0,15	0,25	0,16	5,43	0,05
TOTAL	99,39	100,55	100,37	100,60	100,10	99,51	99,84	100,37

COMPOSITIONS VIRTUELLES

Q	38,64	27,66	43,18	11,16	31,80	28,20	14,40	22,14
Or	11,12	6,67	21,13	11,12	2,78	18,35	3,34	15,01
Ab	25,15	45,59	18,34	59,21	27,77	33,01	27,77	27,77
An	17,51	13,62	7,23	6,12	27,52	11,95	27,80	18,90
Cor	1,84		0,71		1,02	1,43	1,63	2,75
Ca SiO ₃		1,39		4,87				
Mg SiO ₃	1,50	0,80	1,00	3,80	3,00	3,30	4,30	2,80
Fe SiO ₃		2,51		2,24	2,90		2,38	6,47
Ma	0,46	0,93	2,09	0,93	1,86	0,70	9,98	1,62
Ilm	1,22	0,61	1,52	0,61	0,76	0,61	1,98	1,98
Hem	1,12		1,92			0,80		
Ap	0,34	0,34	0,34			0,34	0,34	
Σc	94,26	93,54	90,59	87,61	90,89	92,94	74,94	86,57
Σb	4,64	6,48	6,87	12,45	8,52	5,75	18,98	12,87

Paramètres de LACROIX.

N° 17	I 3' 3 4	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,26$	An % 41
N° 18	I' 4 2' 4(5)	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,11$	An % 23
N° 19	I' 3 2 3	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,82$	An % 28
N° 20	I (II) 4(5) (1) 2 4(5)	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,17$	An % 9
N° 21	I' 3(4) (3) 4 '5	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,05$	An % 50
N° 22	I 4 2 '4	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,40$	An % 27
N° 23	II 4 (3) 4 (4)5 (3)4 I I (3)4	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,06$	An % 50
N° 24	(I) II 4 3 '4	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,32$	An % 40

Paramètre de NIGGLI.

	sl	al	fm	c	alk	k	mg
N° 17	365	45,6	13,5	20,2	20,8	0,29	0,34
N° 18	337	41,8	12,1	18,1	28,0	0,12	0,18
N° 19	449	37,9	25,4	10,3	26,1	0,52	0,14
N° 20	266	36,6	16,8	15,1	31,4	0,15	0,53
N° 21	278	41,2	20,0	24,4	14,3	0,09	0,37
N° 22	332	43,6	15,9	13,1	27,3	0,34	0,59
N° 23	158	32,4	37,6	19,1	10,9	0,10	0,21
N° 24	244	40,3	25,6	15,7	18,4	0,34	0,25

DESCRIPTION DES ZONES DE CONTACT DES ROCHES PRECEDENTES

Les descriptions précédentes sont celles des roches dans leurs gisements caractéristiques ; mais dans le zones de contact de différents types, certaines modifications de la composition minéralogique ou de la structure de ces roches ont pu être observées et méritent d'être rapportées. Dans un prochain chapitre, j'essaierai d'interpréter ces faits.

CONTACT DES GNEISS A CORDIERITE ET SILLIMANITE ET DES LEPTYNITES GREMATIFERES

Sur le terrain : durant l'été 1948, j'ai pu observer en plusieurs endroits, notamment à Ménat Bou Garn, sur le versant oriental du guelb Hallet, à Rmémimat, ces roches étroitement associées aux gneiss à sillimanite ; plusieurs échantillons de quelques dm³ contiennent les deux types en coexistence sans qu'il y ait de contact net et sans que la roche perde de son homogénéité ; sur une colline orientale des Ménat Bou Garn, une récurrence des gneiss à sillimanite dans les leptynites grenatifères, formant une bande de 30 à 50 cm de puissance qui peut se suivre sur plus de cent mètres (au-delà, les éboulis où les recouvrements sableux la masquent), a été notée. Il n'y a pas de séparation nette entre les deux roches : le contact se fait par un type intermédiaire constitué par un gneiss leucocrate grenatifère à sillimanite.

Enfin, on peut assez souvent reconnaître, sur une cassure fraîche des leptynites grenatifères, quelques aiguilles typiques de sillimanite. Ces passages latéraux étant très progressifs, il est impossible de tracer, à l'échelle du 200.000, la limite entre les deux formations. C'est pourquoi, je n'ai pu, plus haut (p. 38), définir la limite occidentale de l'aire d'extension des gneiss à sillimanite et cordiérite.

En plaques minces, on retrouve ces types de transition : gneiss à sillimanite plus ou moins grenatifères, leptynites contenant quelques cristaux de sillimanite ou de cordiérite (Bou Aleiba). Ils ont été signalés plus haut.

CONTACT DES GNEISS A CORDIERITE ET SILLIMANITE (ET DES LEPTYNITES) AVEC LES QUARTZITES

A Adraye, on peut observer un complexe de gneiss alumineux et de leptynites interstratifiées avec des quartzites ferrugineux syntectonisés et parfaitement concordants. La série s'étend sur plusieurs centaines de mètres et est extrêmement complexe. Tous les intermédiaires entre les types extrêmes se rencontrent ; voici une coupe partielle du complexe observable au petit col séparant les deux collines d'Adraye (voir également fig. 5).

Du haut vers le bas :

quartzite ferrugineux de types variés	60 m
gneiss à cordiérite, sillimanite et grenat	puissance indéterminée (100 à 200 m)
quartzite à sillimanite, grenat	5 m
quartzite à oligiste, localement à amphibole	10 m
lentille de roche très riche en grenats	0,80 m
leptynite grenatifère	moins de 20 m
quartzite ferrugineux à grenats	1 à 2 m
quartzite à oligiste	15 m
gneiss grenatifère localement à sillimanite	

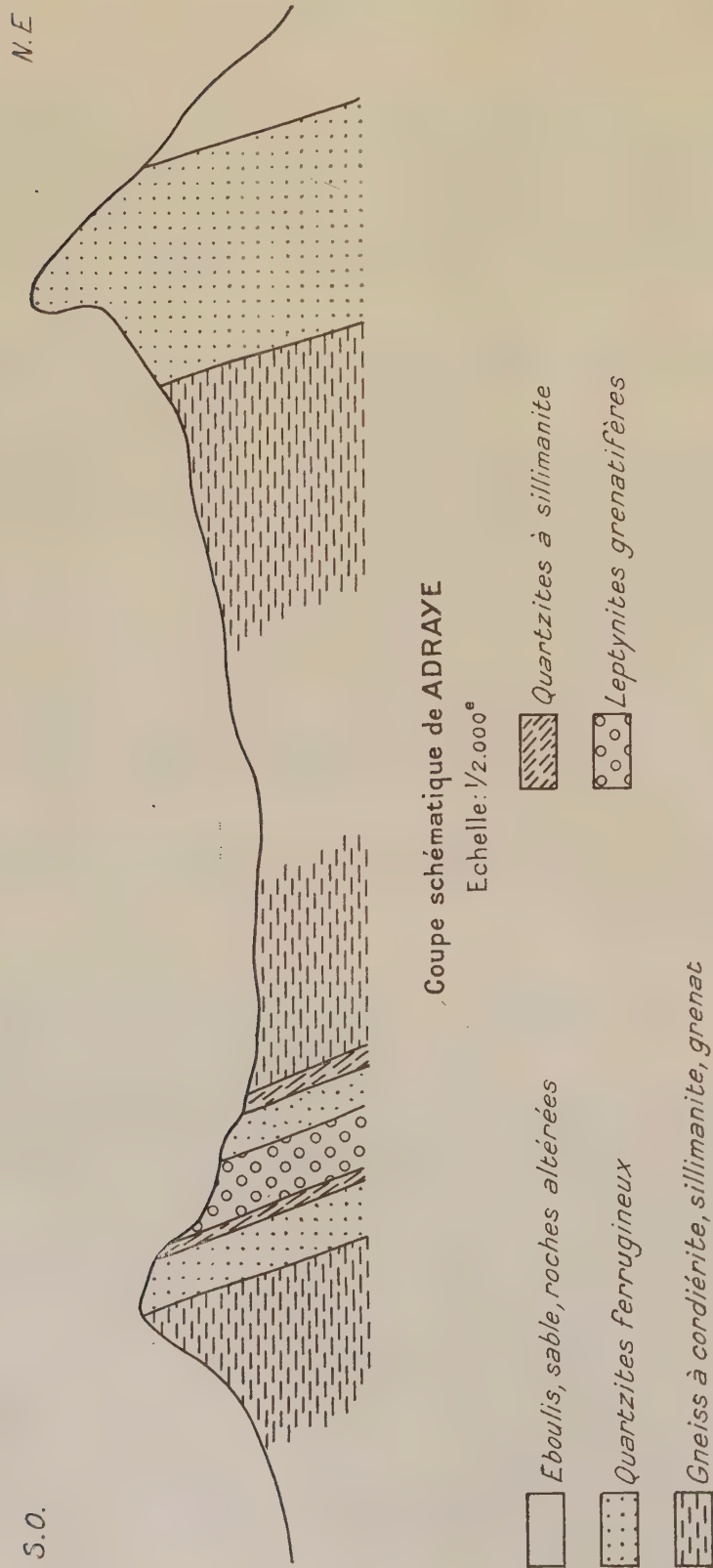


Fig: 5

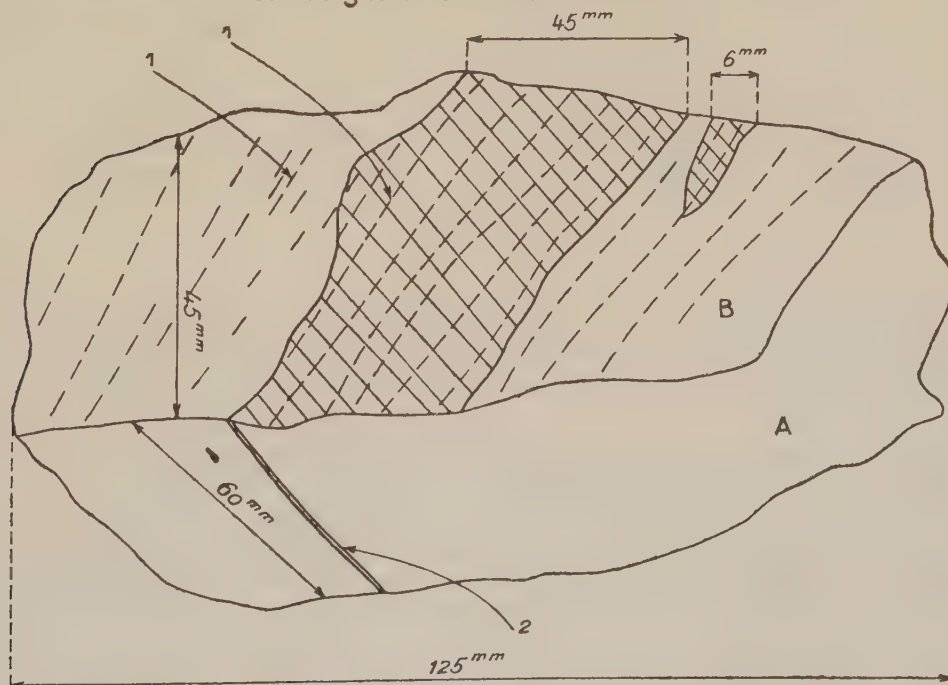
Par ailleurs, sur la face ouest de la koedia el Aghnem, on peut observer un banc de quelques mètres de puissance, de leptynites bien concordantes avec les quartzites ferrugineux.

Je n'ai pu, à cause des recouvrements de sable, observer les relations existant entre les gneiss à diopside dérivant de calcaires de Gleibat el Hadej et les leptynites grenatifères proches.

CONTACT DES GNEISS A CORDIERITE ET SILLIMANITE ET DES LEPTYNITES AVEC LES GNEISS A BIOTITE

Ce contact est malheureusement assez difficilement observable à cause des recouvrements sableux superficiels; en général, il ne semble pas que ces deux roches aient été modifiées à leur contact sauf, toutefois, au moins dans un cas : entre Iguilid et Rmémimat affleurent, de l'est vers l'ouest, d'abord des gneiss rosés à biotite, puis un complexe de leptynites grenatifères et de gneiss à sillimanite. Dans la zone de contact, j'ai pu récolter un unique échantillon qui a l'aspect d'un gneiss blanc à biotite abondante et bien orientée dans lequel se rencontrent des filonnets roses rappelant, par leur couleur, les gneiss à biotite voisins. Il faut dire toutefois que le grain de ces filonnets est beaucoup plus fin que celui de ces roches et que la biotite est en aiguilles beaucoup plus petites. La schistosité de la roche et celle des filonnets sont parallèles. La bordure de ces veines est assez confuse mais, fait remarquable, les blocs tendent, au choc, à se fractionner très facilement suivant ces bordures, alors qu'il est très difficile d'obtenir une section transversale de l'échantillon (fig. 6). En lame mince ⁽¹⁾, la roche rappelle, par sa structure et sa composition, — le microcline très abondant notamment — les leptynites grenatifères mais avec, cependant, une plus grande proportion de biotite.

**RMEMIMAT. Echantillon récolté au contact des leptynites
et des gneiss à biotite**



A_ face altérée

B_ cassure fraîche

en hachures: veinules roses (gneiss?)

non hachuré: leptynite

1_ alignements de biotite

2_ fracture tendant à débiter la roche suivant le bord de la veine

Fig:6

(1) La lame mince a peut-être été mal placée du fait de la tendance de la roche à se fractionner, comme il a été dit plus haut, et ne contiendrait alors qu'un fragment de la roche para.

CONTACT DES GNEISS A CORDIERITE ET SILLIMANITE ET DES GNEISS A HYPERSTHENE

En décembre 1946, entre guelb el Askaf et el Areibat, non loin de la bordure nord de l'Azefal, j'ai découvert un gneiss sombre, bien lité, avec des lits rose roussâtre, se détachant sur un fond finement cristallisé noir brillant, à éclat gras. Cette roche fut décrite, en collaboration avec L. BODIN [7], comme le premier granite à hypersthène observé en Mauritanie occidentale. Cependant, l'un et l'autre fûmes frappés par le caractère hyperalumineux de cette roche : à côté du pyroxène, on peut y observer, en lame mince, de la cordiérite à inclusions de sillimanite, ce qui différenciait cette roche des gneiss à hypersthènes classiques (Pl. III, fig. 4).

Je revins, en décembre 1948, sur ce gisement et pus constater que cette roche se trouvait dans la zone de contact d'un massif de gneiss à sillimanite et cordiérite typiques et d'un affleurement de gneiss à hypersthène francs, les deux types de roches ayant été, entre temps et par ailleurs, bien reconnus et déterminés.

Par la suite, une roche, récoltée dans des conditions de gisement analogue à l'ouest de Tajalet el Graa, a montré des caractères identiques mais encore plus accusés. Macroscopiquement, elle est assez hétérogène et a une texture de migmatite ; dans un fond noir finement cristallisé s'insèrent des veinules feldspathiques roses à quartz bleuté ou mauve.

Cette hétérogénéité se confirme à l'examen microscopique qui révèle une disposition très irrégulière des minéraux : d'un côté, on trouve les éléments d'un granite à oligoclase basique avec des amas importants d'hypersthène très sain tandis que par ailleurs se trouvent localisés les éléments d'un gneiss à cordiérite et grenat : la cordiérite, qui est l'élément dominant — contenant, en inclusions, un spinelle vert foncé et le grenat avec du quartz, de la biotite et quelques grains d'orthose. On a une structure de migmatite rubanée.

Ces deux formes de contact ont été analysées par M^{me} MARTINET, Chimiste de la Direction des Mines ; voici les résultats obtenus :

25. roche de la région de guelb el Askaf.

26. roche de la région de Tajalet el Graa.

	25	26
SiO ₂	63,35	65,05
Al ₂ O ₃	16,45	15,70
Fe ₂ O ₃	1,60	0,35
FeO	6,60	5,25
MgO	6,10	5,05
CaO	1,40	1,65
Na ₂ O	2,45	3,10
K ₂ O	0,55	1,90
TiO ₂	0,60	0,60
H ₂ O + ...	1,10	1,60
H ₂ O —	0,15	0,20
	100,35	100,45

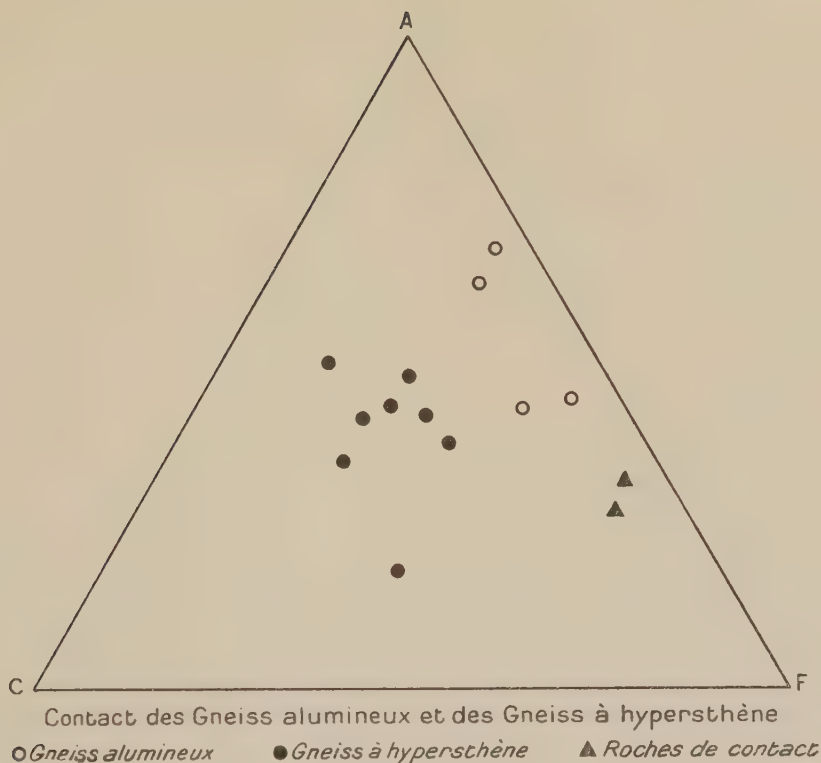


Fig:7

La comparaison des résultats de ces deux analyses montre que ces deux roches sont proches l'une de l'autre quant à leur composition chimique. D'ailleurs les trois diagrammes triangulaires (fig. 7, 8, 9) montrent que les points figuratifs de ces roches sont toujours très rapprochés l'un de l'autre.

Ils utilisent tous trois les proportions moléculaires, nombres facilement maniables. L'un (fig. 7) est le classique diagramme ACF dont les modalités de construction seront exposées par la suite (p.), l'autre (fig. 7) met en jeu l'alumine non feldspathisable, obtenue en retranchant de Al_2O_3 , $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO})$, la potasse, et la somme $(\text{FeO} + \text{MgO})$ des ferromagnésiens ; le troisième (fig. 9) est bâti à l'image du précédent mais en remplaçant K_2O par Na_2O (toujours proportion moléculaire). Dans ces trois diagrammes, on n'a pas considéré SiO_2 qui est toujours en excès.

L'examen de ces trois diagrammes montre la différence de composition chimique entre les trois groupes des différentes roches et, par conséquent, en anticipant sur nos conclusions, quelle a été l'influence des gneiss à hypersthène sur les gneiss à cordiérite et sillimanite.

Suivant les diagrammes, on peut constater que les gneiss analysés sont toujours rassemblés en deux groupes correspondant respectivement aux formes très alumineuses et aux formes très grenatiformes ; par contre, l'aire de figuration des gneiss à hypersthène est plus ou moins étendue, fait qui traduit la variation de composition de ces schistes cristallins qui vont des termes acides aux termes noritiques.

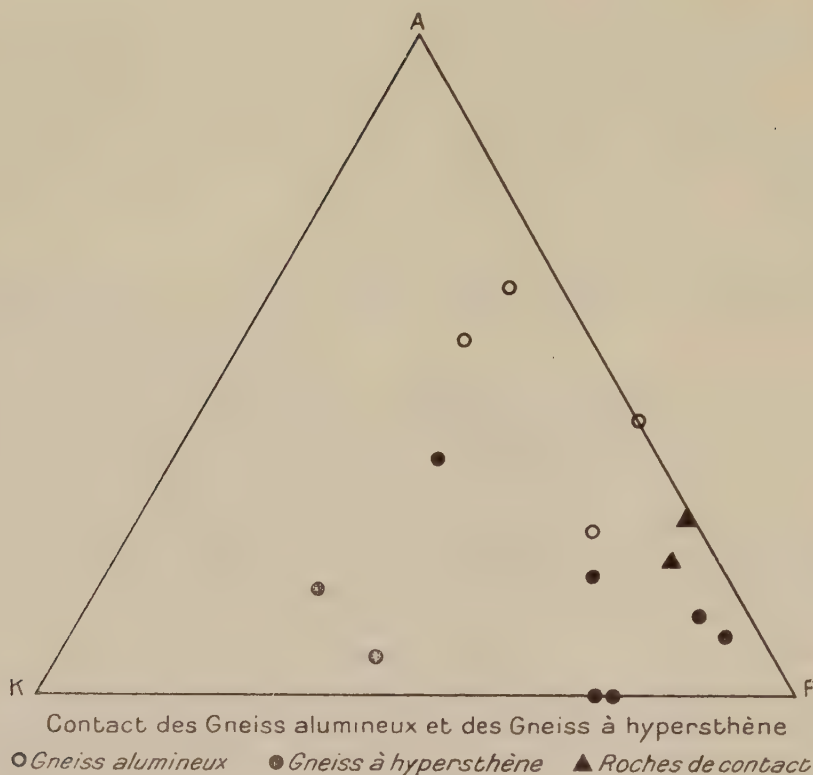


Fig:8

L'examen de ces trois diagrammes montre que les points figuratifs des roches de contact sont toujours plus rapprochés du sommet F que les points représentant les gneiss à sillimanite et cordiérite; il y a donc enrichissement en ferromagnésiens, ce qui traduit l'apparition d'hypersthène dans les gneiss alumineux.

Par contre, dans les formes de mélange, le pourcentage d'alumine a diminué: s'il y a eu un apport d'éléments autres que l'alumine dans les gneiss à sillimanite, la teneur initiale de la roche en alumine est restée constante et, de ce fait, la proportion de cet élément par rapport aux autres constituants, a proportionnellement baissé.

Enfin, ces diagrammes — et c'est la raison pour laquelle j'en ai construit trois —, montrent que, quand les ferromagnésiens augmentent, le pourcentage en alumine diminue, la teneur en chaux, potasse et soude reste constante de sorte que les points figuratifs des roches de mélange sont situés sensiblement sur une même droite que les points représentant les gneiss à cordiérite et sillimanite, droite parallèle au côté AF.

Tous ces gneiss anciens sont fréquemment un peu migmatisés et ce fait a pu oblitérer les phénomènes d'apport d'alcalis par les gneiss à hypersthène, la migmatisation postérieure tendant à homogénéiser ces trois groupes de roches quant aux bases. Il est donc assez difficile de préciser, dans ce sens, quelle a été l'action des gneiss à hypersthène sur les gneiss à cordiérite et sillimanite mais, des diagrammes joints, il ressort, en toute certitude, qu'en dehors des modifications possibles de la teneur en alcalis, il y a eu apport certain de ferromagnésiens — en l'occurrence d'hypersthène —, ce qui confirme les résultats de l'étude en plaques minces.

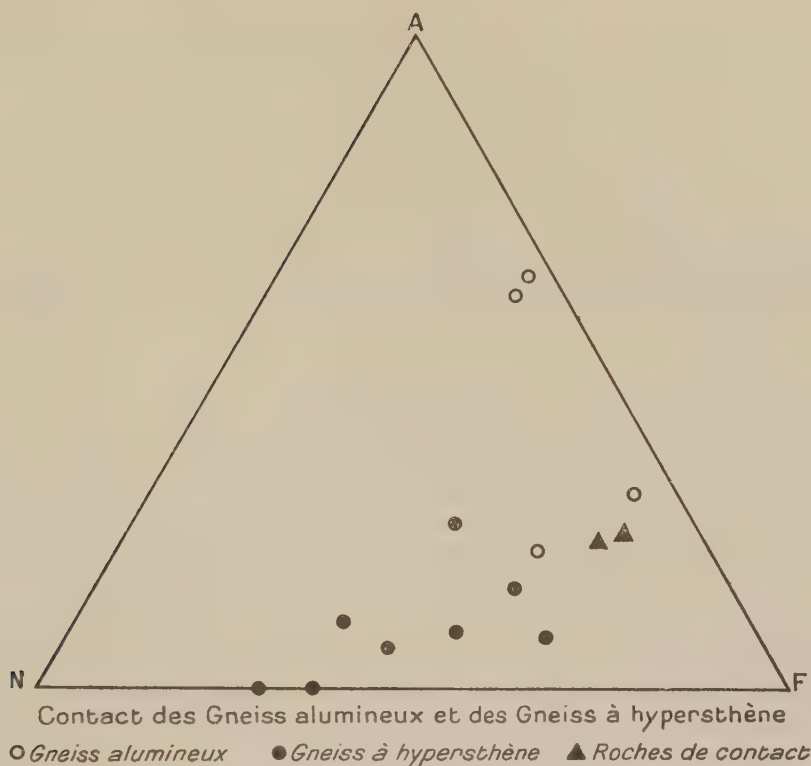


fig:9

CONTACT DES QUARTZITES FERRUGINEUX AVEC LES GNEISS A BIOTITE ET HYPERSTHENE

Les quartzites ferrugineux forment des lentilles plus ou moins allongées interstratifiées, tant dans les gneiss à biotite (collines de Touijenjert du Tiris, Tintikret, Tizerghaf, nord d'Oum Dférate, etc..., dont, grâce à leur plus grande résistance à l'érosion, ils forment les crêtes) que dans les gneiss à hypersthène (Féraouate ouest, Sellaouridge, el Meddada, guelb el Voulet, etc...). Ce sont des « roofs pendant » flottant sur les granites postérieurs et qui sont connus dans tout le reste de l'A.O.F. [57]. Un de ces « roofs pendant », remarquable par son étendue, est constitué par la koedia Idjil et son prolongement occidental, la chaîne de l'Atomaye.

Interprétation pétrographique

Il est intéressant d'essayer, d'après les données des observations faites sur le terrain et des études au laboratoire, d'interpréter les schistes cristallins précédemment décrits, c'est-à-dire d'essayer d'établir de quelles roches ils dérivent, de définir des relations chronologiques entre les différents groupes, de faire quelques remarques sur leur degré de métamorphisme.

ORIGINE DES SCHISTES CRISTALLINS DE LA SERIE DE L'AMSAGA

Le problème de l'origine des différents groupes de roches va être examiné dans l'ordre où ils ont été décrits.

ORIGINE DES QUARTZITES FERRUGINEUX

Il est unanimement admis, par les différents auteurs, que ces roches proviennent du métamorphisme de grès ferrugineux. La présence de l'amphibole verte qui a été décrite indiquerait que le ciment de ces grès était localement quelque peu carbonaté. La connaissance insuffisante des caractéristiques chimiques et minéralogiques de cette amphibole ne permet pas de préciser les conditions dans lesquelles ces grès se sont métamorphisés; cependant, la présence presque constante de magnétite indique un métamorphisme intense.

ORIGINE DES GNEISS A DIOPSIDE ET DES PYROXENITES A DIOPSIDE

Il est manifeste que les cipolins constitués de calcite pure ou accompagnée de silicates (notamment de diopside en proportion variable) dérivent, par métamorphisme, de calcaires plus ou moins magnésiens. Les paragenèses décrites correspondraient, d'après JUNG et ROQUES [41], à la partie inférieure de la zone des gneiss supérieurs.

Il est très vraisemblable que les amphibolites qui ont été vues en étroite association avec des calcaires métamorphiques entre guelb el Ghzal et Touijenjert aient une origine para. En se fondant sur des similitudes de faciès, on pourrait étendre cette hypothèse aux amphibolites de la pointe du draa Malichigdane et de la région de Zerlane. Cette façon de voir serait confirmée par la présence de sphène qui, d'après LACROIX [52], n'existerait pas dans les roches dérivant de diorites ou de gabbros.

J'ai décrit, à la suite des cipolins, les gneiss à diopside car je pense que ces roches dérivent également, par métamorphisme, d'anciens sédiments marno-calcaires. D'après LACROIX [51], l'origine para de ces plagioclases à pyroxène serait montrée par la présence du sphène, de la scapolite et par la nature du pyroxène (diopside et non pas augite ou hypersthène). Ces minéraux n'existeraient pas dans les gneiss pyroxéniques dérivant de roches dioritiques ou gabbroïques.

L. BODIN (*in litt.*), qui a examiné en plaques minces, les gneiss à diopside du nord de l'Amsaga (guelb el Hadej, guelb el Vaye), se fondant sur le fait que le microcline a cristallisé en dernier lieu, considérerait ces roches comme des paragneiss légèrement granitisés se rapprochant de dissogénites.

Si cette hypothèse est exacte, il faudrait considérer ces roches comme le produit du métamorphisme de contact par un granite postérieur, en l'occurrence celui qui est à l'origine des

gneiss à biotite et à hypersthène, qui sont les seules roches d'origine ignée proches. Le métamorphisme régional aurait ensuite repris l'ensemble; les minéraux de contact (feldspaths potassiques, diopside), auraient subsisté au cours de cette deuxième phase de métamorphisme, grâce au fait qu'elle aurait eu lieu en zone profonde où ces minéraux sont réputés stables.

Quant aux paragenèses des pyroxénites à diopside de Arouénit, elles correspondent bien au métamorphisme de calcaires magnésiens marneux et siliceux [11], ayant une assez forte teneur en fer, indiquée par le fait que leur grossulaire tend vers l'andradite et que leur diopside s'apparente à l'hédenbergite. La présence de calcite libre dans ces roches, alors que la wollastonite est absente, serait caractéristique des faciès de métamorphisme de la catazone profonde: d'après KORJINSKY [91], l'absence de wollastonite serait due aux pressions existant lors du métamorphisme et qui auraient été suffisamment hautes pour empêcher la réaction entre la calcite et le quartz.

ORIGINE DES MICASCHISTES

Ces roches proviennent vraisemblablement du métamorphisme d'une argile dans la zone épi. Cette faible intensité du métamorphisme, contrastant avec celui des roches voisines, ne manque pas de surprendre. Ils sont en concordance avec des gneiss calcoalcalins à biotite, qui les entourent.

Je n'ai pu donner aucune explication de cette variation rapide et très localisée du métamorphisme.

Cependant ces micaschistes ne représentent pas un lambeau de la série d'Akjoujt. L'étude de leur métamorphisme de contact par un granite nettement postérieur (p. 152 sq), montre des phénomènes différents de ceux que l'on peut observer au contact de ce même granite et de micaschistes appartenant à la Série d'Akjoujt. Je pense qu'il y a lieu de les rattacher à la Série de l'Amsaga.

AMPHIBOLITES FELDSPATHIQUES ET PYROXENIQUES

La composition minéralogique de ces roches est, autant qu'on puisse l'assurer uniquement d'après l'observation en lames minces, celle de gabbro. Ces roches étant très peu répandues dans la Série de l'Amsaga, elles n'ont pas fait l'objet d'analyses chimiques. L'augite est le seul pyroxène observé; le sphène est absent. Ces caractères minéralogiques, le mode de gisement de ces roches en bancs très restreints et bien délimités à l'intérieur de gneiss donneraient à penser qu'il s'agit là d'anciennes venues basiques.

ORIGINE DES GNEISS A CORDIERITE ET SILLIMANITE

Rappelons que certains échantillons de ces roches, tels que ceux, par exemple, observés à Ioulguend ou entre Aidgati et guelb el Grara, sont uniquement composés de sillimanite, minéral dominant, et de cordiérite. Cette composition minéralogique est incompatible avec une origine ignée.

Ces associations de minéraux alumineux constituant toujours la plus grande partie de la roche montrent que l'on se trouve en présence du produit de métamorphisme d'une série essentiellement argileuse, souvent quelque peu magnésienne — d'où la présence de cordiérite — et assez riche en fer. Ce dernier caractère serait déduit de la présence simultanée de cordiérite et d'almandin [91].

Ces paragenèses donnent une précieuse indication sur le degré de métamorphisme qui a affecté ces roches: la présence de sillimanite fait classer ces gneiss dans la zone des gneiss inférieurs [41]. Cette indication peut même être précisée en se référant à la classification

d'ESKOLA exposée par TURNER [91] ; l'association sillimanite-almandin serait typique du sous-faciès de métamorphisme régional le plus intense du faciès amphibolite. La présence de cordiérite (et peut-être celle d'auréoles de biotite autour des grenats) marquerait un passage au sous-faciès « moins profond » ⁽¹⁾ cordiérite anthophyllite. Ce dernier minéral a été, rappelons-le, également observé dans la région de Ioulguend, mais en association avec la sillimanite : on est alors encore dans le sous-faciès sillimanite-almandin et la présence d'anthophyllite s'explique alors par la déficience en potasse de la roche qui empêche la formation de biotite.

Ces roches peuvent être représentées sur un diagramme ACF (fig. 7) conçu par ESKOLA pour mettre en évidence les paragenèses dans les « faciès de métamorphisme ». Ce diagramme permettra en outre de comparer les gneiss à cordiérite et sillimanite de Mauritanie occidentale avec quelques autres roches provenant d'autres contrées mais présentant les mêmes associations minérales.

Il est peut-être bon de donner ici quelques indications sur la construction des diagrammes ACF dont le détail et la discussion sont donnés dans l'ouvrage d'ESKOLA [19, p. 347] ; ces indications sont traduites en anglais dans l'ouvrage de TURNER [91].

Un même diagramme doit représenter des roches à excès de silice ou à silice déficiente.

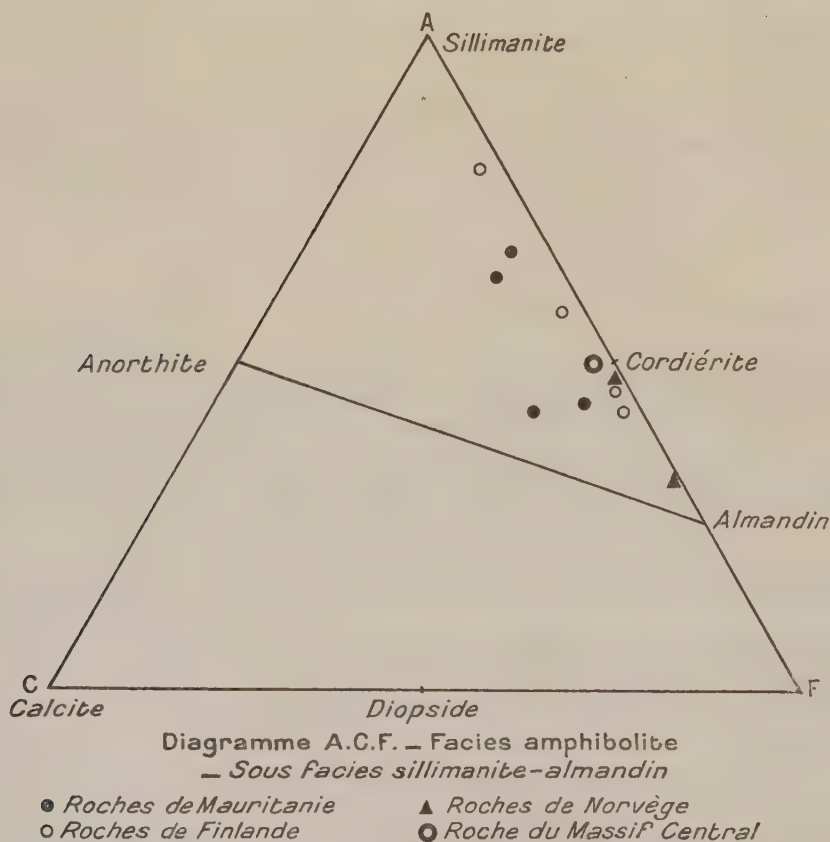


Fig:10

(1) Par cette expression, je désirerais exprimer que les facteurs qui président au métamorphisme (température, tension, etc.) ont eu une action moins intense, sans vouloir préjuger du mécanisme du métamorphisme.

Pour calculer les différents paramètres, on utilise les proportions moléculaires. Les différents paramètres sont calculés comme il suit :



puis recalculés de façon que $A + C + F = 100$. Des corrections sont théoriquement prévues pour tenir compte des minéraux accessoires : ilménite, sphène, magnétite dont le pourcentage est évalué à la platine intégratrice, mais quelques essais m'ont montré que ces corrections demandaient un long travail pour peu de résultats : les positions des points, calculées avec ou sans corrections, sont sensiblement les mêmes.

Le diagramme de la fig. 10 dont les données numériques sont indiquées dans le tableau ci-contre montre que les quatre gneiss alumineux dont les analyses ont été données précédemment se groupent dans le triangle sillimanite, anorthite, almandin qui comporte également la zone figurative de la cordiérite ; ce groupement a d'ailleurs lieu assez près du côté sillimanite - ferromagnésien, ce qui indique une faible teneur en anorthite réelle ou virtuelle. On retrouve donc bien ici les résultats de l'étude en plaque mince, confirmés par les données de l'analyse chimique.

Sur ce même diagramme ont été reportés les paramètres de 4 roches de Finlande, de 2 roches de Norvège et d'une du Massif Central, qui, d'après les descriptions, semblent bien avoir la même composition minéralogique que les gneiss à cordiérite et sillimanite de Mauritanie occidentale. Ce sont :

27. gneiss à cordiérite et sillimanite de Muonionkoski, Muonio ;
28. quartzite à sillimanite de Pahtavaara, Enontekio ;
29. gneiss à sillimanite de Lompolovaara, Kolari ;
30. gneiss grenatifère à cordiérite et sillimanite de Kuuantaka, Kalanti ;
31. gneiss à cordiérite et sillimanite de Sandvika, Sondeled ;
32. gneiss à cordiérite et sillimanite, 1 km sud-ouest de Tvedestrand ;
33. gneiss à biotite et sillimanite de Vassejoux près Lapleau ⁽¹⁾.

Le report des points figuratifs de ces roches montrent qu'elles se rassemblent également dans le triangle sillimanite-anorthite-almandin. On peut voir également que ces différents gneiss ont tendance à former deux groupes, l'un correspondrait aux roches les plus grenatifères, l'autre aux gneiss plus franchement alumineux, c'est-à-dire que ces derniers dériveraient d'argiles plus pures que les premiers qui tireraient leur origine de sédiments assez riches en magnésie et en oxyde de fer.

On peut également noter sur ce diagramme que les teneurs en chaux sont respectivement constantes pour les gneiss de Finlande et de Scandinavie. Cette remarque peut se faire également, quoique de façon moins nette, pour les roches de Mauritanie occidentale.

Enfin, une dernière déduction peut être tirée de l'examen de ce diagramme : les gneiss à cordiérite et sillimanite de la Série de l'Amsaga sont un peu plus éloignées de la droite AF que les autres roches : ils sont donc légèrement plus calciques que les gneiss à sillimanite de Finlande, de Norvège et du Massif Central.

En conclusion, on peut donc penser que les gneiss à sillimanite et cordiérite sont des gneiss alumineux classiques tout à fait comparables aux types décrits par les auteurs étudiant les zones de métamorphisme.

(1) Les résultats des quatre premières analyses ont été trouvés dans L. LOKKA [65], ceux des deux suivantes dans J. BUGGE [12] ; la dernière analyse est communiquée par M. ROQUES [84].

	5	6	7	8
	ANALYSES CHIMIQUES			
SiO ₂	57,90	86,25	65,57	51,77
Al ₂ O ₃	21,20	5,80	21,51	30,15
Fe ₂ O ₃	1,75	1,95	0,02	4,70
FeO	11,15	1,60	3,29	3,85
MgO	2,40	0,75	0,87	2,53
MnO	—	traces	—	0,015
CaO	1,80	0,70	1,36	1,29
Na ₂ O	1,55	1,10	1,11	1,25
K ₂ O	traces	0,85	3,80	2,30
TiO ₂	1,60	0,30	0,39	1,60
P ₂ O ₅	—	—	—	0,12
H ₂ O + ...	0,85	0,70	1,98	0,23
H ₂ O —	0,15	0,10	0,11	0,45
Total	100,35	100,10	100,01	100,255

PROPORTIONS MOLECULAIRES INTERESSANT LE CALCUL

	5	6	7	8	27	28	29	30	31	32
Al ₂ O ₃	208	57	211	296	108	69	75	188	127	158
Fe ₂ O ₃	11	13	1	29	2	2	6	19	8	10
FeO	155	22	46	53	19	8	11	89	40	30
MgO	60	19	22	63	52	6	15	95	164	120
CaO	32	13	24	23	2	2	2	11	3	1
Na ₂ O	25	18	18	20	12	4	8	35	4	24
K ₂ O	20	10	40	24	35	7	34	32	36	1

NEES NUMERIQUES

N DU DIAGRAMME DE LA FIGURE 10

	27	28	29	30	31	32	33
	ANALYSES CHIMIQUES						
		90,15	85,25	56,08	68,84	69,82	66,15
	80,12	7,04	7,64	19,23	13,02	16,06	116,41
	11,02	0,30	0,88	3,12	1,26	1,61	1,46
	0,28	0,55	0,83	6,38	2,85	2,72	3,4
	1,37	0,24	0,61	3,81	6,57	4,78	2,1
	2,10	0,02	0,02	0,07	0,02	0,01	0,08
	traces	0,06	0,10	0,64	0,07	0,13	0,4
	0,13	—	—	—	0,07	0,05	—
	0,75	0,25	0,52	2,17	0,26	0,23	1,43
	3,29	0,65	3,21	2,95	3,43	2,33	4,36
	0,23	0,13	0,18	0,89	0,27	0,44	0,95
	0	0	0	0,01	0,01	0,07	0
	0,92	0,46	0,49	3,32	2,60	1,42	2,5
	0,09	0,02	0,06	1,40	0,67	0,28	0,45
	100,30	99,87	99,79	100,07	99,94	99,95	99,69

JL

VALEURS DE ACF

	33			5		6		7		8		27			
3	161	A		194	44	42	43	154	62	281	67	63	46		
0	9	C		32	7	13	14	24	10	23	5	2	2		
3	47	F		215	49	41	43	68	28	116	28	71	52		
0	52			441	100	96	100	246	100	420	100	136	100		
3	7	A	60	79	39	58	140	42	95	32	141	47	100	49	
4	23	C	2	3	2	3	11	3	3	1	3	1	7	3	
3	47	F	14	18	26	39	184	55	204	67	158	52	99	48	
				76	100	67	100	335	100	302	100	302	100	206	100

ORIGINE DES LEPTYNITES

Le problème de l'origine des leptynites est toujours très délicat à résoudre [52, p. 270].

Les analyses chimiques de ces roches donnent des compositions qui peuvent aussi bien correspondre à celles d'arkoses qu'à celles de rhyolites.

Cependant la présence des grenats, en quantité souvent importante, dans ces roches, indique un excès d'alumine qui s'exprime également par la présence, dans certaines lames minces (Hihikh, el Mokhanze) de quelques cristaux de sillimanite, et de cordiérite. La sillimanite semble être un élément constant, mais très peu abondant, de toutes ces roches. En effet, quatre échantillons de leptynites, provenant des environs du guelb el Azib, du guelb el Hallet, de Tinamsat, et d'Anouchlat, pesant environ 300 g chacun, ont été, après broyage et passage au tamis 40, lavés à la batée puis au bromoforme, les grenats ont été séparés électromagnétiquement. Les minéraux lourds résiduels, très peu abondants, se sont montrés être, en majeure partie, de la sillimanite.

Cette richesse en alumine, et surtout la constance de la sillimanite, dans des roches qui voisinent fréquemment avec des gneiss qui semblent dériver d'anciennes argiles, me font considérer ces leptynites comme l'aboutissement du métamorphisme profond de grès plus ou moins argileux. Les échantillons mixtes de leptynites et de gneiss à sillimanite précédemment décrits (p. 55) seraient, dans ce cas, des formes de passage latéral.

En conclusion, il me semble que l'on peut considérer ces leptynites comme d'anciennes formations gréseuses et je me rallie à l'hypothèse classique émise par A. LACROIX [52] sur l'origine para de ces roches.

ORIGINE DES GNEISS A BIOTITE

La fréquence des échantillons où une texture granitique est aisément reconnaissable ne donne aucun doute sur l'origine de ce groupe de roches ; il s'agit d'anciens granites calco-alcalins à biotite. En réalité, les gneiss parfaits sont relativement rares et les termes de « granites gneissiques » ou de « granito-gneiss » conviendraient mieux. Je ne les ai pas utilisés car, en A.O.F., ces termes ont été autrefois employés souvent pour désigner non seulement ces roches mais également d'autres granites postérieurs.

ORIGINE DES GNEISS A HYPERSTHÈNE

La description des gneiss à hypersthène de l'Amsaga correspond à celles des « charnockites » données par différents auteurs. Ces roches sont considérées par TURNER [91, p. 128] comme des « roches plutoniques de la famille du granite et dont la composition minéralogique a été déterminée par cristallisation dans des conditions physique, magmatiques ou métamorphiques particulières du faciès granulite ». Cette opinion est généralement admise par les auteurs qui ont étudié des gneiss à hypersthène avec, cependant, quelques restrictions : une partie des roches à hypersthène du Tanezrouft seraient peut-être para [63] et P. MICHOT (*in litt.*) vient de découvrir (1950), en Norvège, une série sédimentaire à hypersthène, en pleine granitisation, liée à des orthogneiss à hypersthène.

En me basant sur le fait que dans les gisements décrits, des échantillons de gneiss à hypersthène montrent une structure de granites, j'admets actuellement l'hypothèse d'une origine ignée pour la majeure partie si ce n'est la totalité des gneiss à hypersthène de la Série de l'Amsaga.

Cette hypothèse étant posée, il est alors permis d'étudier les caractères de cette série par les diagrammes classiques de NIGGLI :

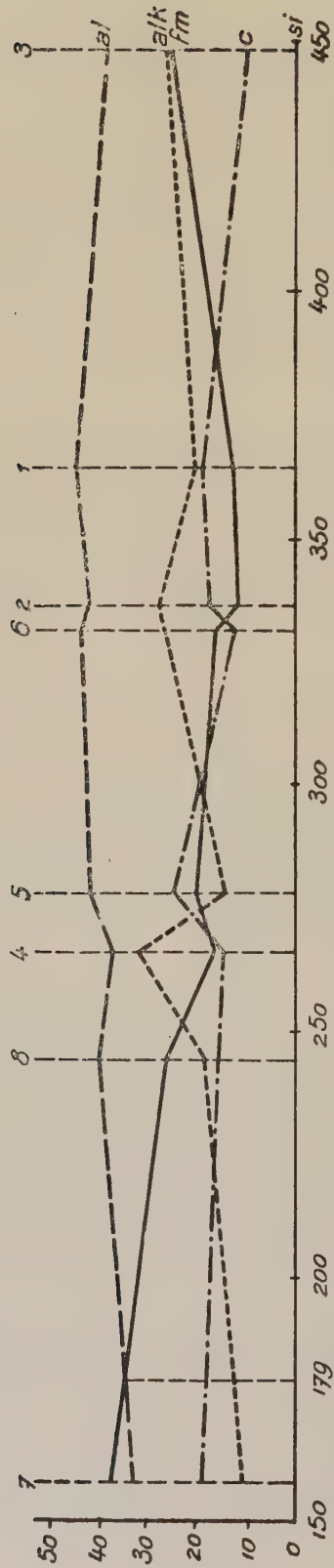


Diagramme représentant les variations de composition des gneiss à hypersthène de la Série de l'AMSAGA
al, fm, c, alk, en fonction de si

Fig: 11

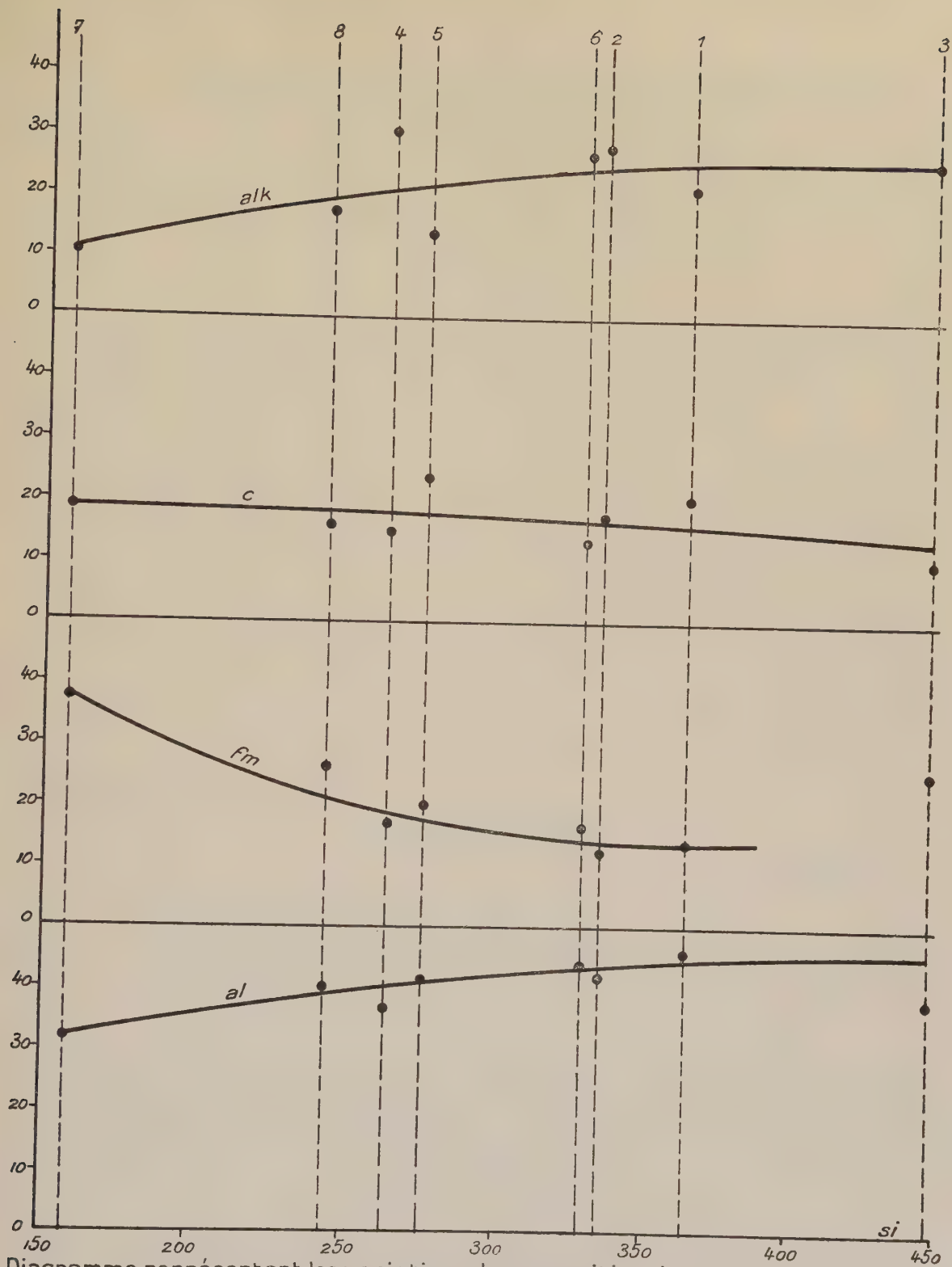


Diagramme représentant les variations de composition des gneiss à hypersthène
de la Série de l'AMSAGA
al, fm, c, alk, en fonction de si. Courbes extrapolées

Fig: 12

Rappelons les paramètres de NIGGLI des roches à hypersthène analysées :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
17.....	365	45,6	13,5	20,2	20,8	0,29	0,34
18.....	337	41,8	12,1	18,1	28,0	0,12	0,18
19.....	449	37,9	25,4	10,3	26,1	0,52	0,14
20.....	266	36,6	16,8	15,1	31,4	0,15	0,53
21.....	278	41,2	20,0	24,4	14,3	0,09	0,37
22.....	332	43,6	15,9	13,1	27,3	0,34	0,59
23.....	158	32,4	37,6	19,1	10,9	0,10	0,21
24.....	244	40,3	25,6	15,7	18,4	0,34	0,25

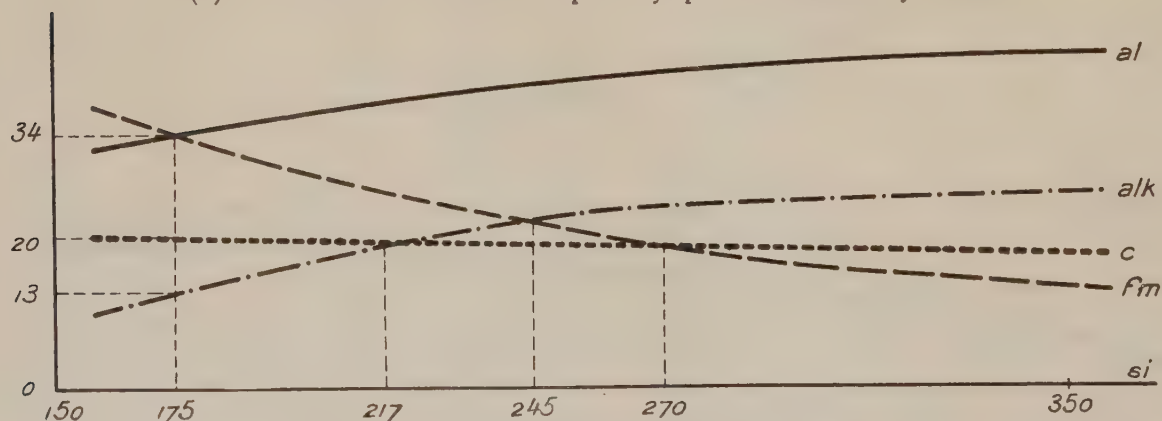
Dans un premier diagramme (fig. 11), les paramètres al, fm, c et alk ont été représentés en fonction de si. La figure 12 donne séparément chacune de ces courbes extrapolées.

La courbe $\text{alk} = f(\text{si})$ croît doucement et, au fur et à mesure qu'augmentent les valeurs de si, semble admettre pour asymptote l'horizontale $y = 26$.

La courbe $c = f(\text{si})$ décroît très doucement quand si augmente. Elle s'écarte peu de l'horizontale $y = 18$, ce qui indiquerait une teneur en chaux sensiblement constante dans les différents types de gneiss à hypersthène.

La courbe $\text{fm} = f(\text{si})$ décroît très régulièrement. L'analyse n° 3 pour laquelle si est maximum donnerait une remontée de la courbe assez inattendue et c'est pourquoi j'ai arrêté l'extrapolation de la courbe aux environs de $\text{si} = 400$.

$\text{al} = f(\text{si})$ croît lentement et admettrait pour asymptote l'horizontale $y = 40$.



Gneiss à hypersthène de la Série de l'AMSAGA

Courbes extrapolées superposées

Points singuliers des courbes

Fig:13

Avec les courbes extrapolées (fig. 13), le point d'isofalie qui était de 179 pour les courbes précises, se trouve à 175 et la roche principale est définie par les paramètres suivants :

$\text{si} = 175$, $\text{al} = \text{fm} = 34$, $c = 20$, $\text{alk} = 13$. Les autres points remarquables sont :

$\text{si} = 217$ pour lequel $c = \text{alk}$;

$\text{si} = 245$ pour lequel $\text{fm} = \text{alk}$;

$\text{si} = 270$ pour lequel $\text{fm} = c$.

COMPARAISON ENTRE LES GNEISS A HYPERSTHENE DE MAURITANIE OCCIDENTALE ET CEUX D'AUTRES REGIONS DU MONDE

Par la construction de diagrammes analogues, on peut essayer de comparer les gneiss à hypersthène de Mauritanie occidentale avec ceux d'autres parties du monde, en l'occurrence ceux de l'Inde, de Norvège, de Finlande, de l'Uganda et de Côte d'Ivoire.

INDE

C'est aux Indes que le type de la charnockite a été pris et décrit pour la première fois par HOLLAND [29]. Plusieurs analyses de ces roches ont été publiées par WASHINGTON. Je les ai relevées dans l'ouvrage de P. LEGOUX [57] sur le pays de Man.

Voici les paramètres de NIGGLI de quatre de ces roches :

- 34. bahiaite (hypersthénite à hornblende) de Pammal Hill, Pallavara, Madras ;
- 35. norite à hornblende, St Thomas Mount, Madras ;
- 36. quartz — hypersthène — diorite (charnockite intermédiaire), Yercaud, Shevaroy Hills, Madras ;
- 37. charnockite, St Thomas Mount, Madras.

	si	al	fm	c	alk	k	mg
34.....	87	5,8	78,3	15,0	0,9	0,12	0,70
35.....	118	16,2	55,4	20,0	8,4	0,16	0,36
36.....	226	30,5	38,0	16,7	14,8	0,155	0,45
37.....	483	40,3	19,4	6,7	33,6	0,49	0,21

La représentation graphique (fig. 14) de ces paramètres montre que :

1° la roche principale est définie par :

$$si = 294 \quad al = fm = 33 \quad c = 14 \quad alk = 20.$$

2° la courbe $al = f(si)$ coupe la courbe $c = f(si)$ pour $si = 141$;

3° la courbe $fm = f(si)$ coupe la courbe $alk = f(si)$ pour $si = 380$;

4° la courbe $alk = f(si)$ coupe la courbe $c = f(si)$ pour $si = 240$.

La comparaison des différentes courbes montre qu'elles ont la même forme mais que la série des roches à hypersthène de Mauritanie occidentale est plus alumineuse et, en corollaire, moins ferromagnésienne, c'est-à-dire comparativement moins riche en hypersthène que la série de la charnockite de l'Inde. Par contre, les courbes $c = f(si)$ et surtout $alk = f(si)$ sont sensiblement superposables.

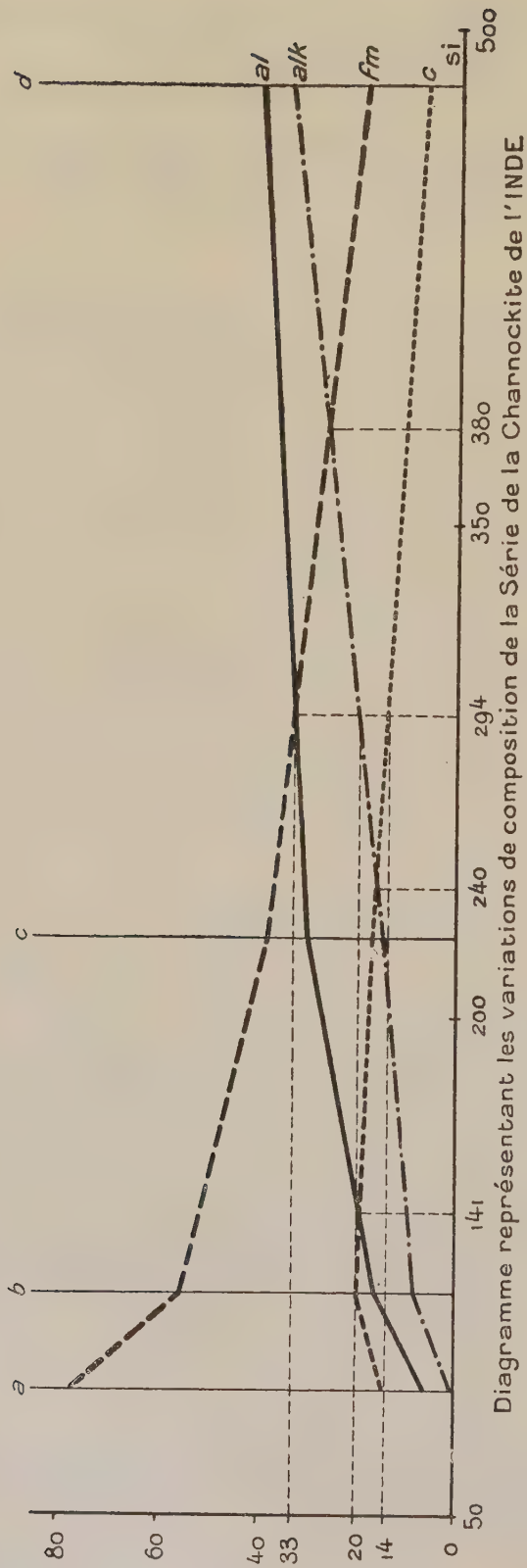


Fig:14

NORVEGE

Des gneiss à hypersthène affleurent largement dans le sud de la Norvège et ont été étudiés en détail par BARTH, BUGGE et MICHOT. Aux deux premiers auteurs [12-57] ont été empruntées les analyses suivantes :

38. diorite à hypersthène (BUGGE) Neskilen - Stokken ;
39. diorite quartzique à hypersthène (BUGGE) Foulke Fjord - Ellesmereland ;
40. diorite quartzique à hypersthène (BUGGE), Nord de Langsev ;
41. moyenne de 3 analyses de birkremite ⁽¹⁾ (BARTH) ;
42. granite à hypersthène (BUGGE) Nord de Langsev ;
43. moyenne de 4 analyses de birkremite de Norvège méridionale (BARTH) ;
44. adamellite ⁽²⁾ à hypersthène (BUGGE) Jones Sound Ellesmereland.

	si	al	fm	c	alk	k	mg
38.....	148	26,2	42,2	21,0	10,6	0,08	0,49
39.....	224	36,4	24,2	18,7	20,8	0,14	0,45
40.....	231	31,0	38,5	7,4	23,1	0,06	0,47
41.....	260	31,6	30,6	15,4	22,4	0,41	0,24
42.....	318	38,2	24,4	3,5	33,9	0,16	0,32
43.....	343	40,9	16,1	12,6	30,4	0,49	0,18
44.....	351	43,8	18,9	12,9	24,4	0,39	0,24

Le diagramme (fig. 15) établi avec ces paramètres montre que :

1° l'isofalie a lieu vers 206 pour les courbes extrapolées (192 pour les courbes « point par point ») et que les autres paramètres de la roche principale sont :

$$al = fm = 33 \quad c = 15 \quad alk = 18$$

Ce qui définit une série proche de celle de Mauritanie occidentale ;

2° la courbe $alk = f (si)$ coupe la courbe $c = f (si)$ vers $si = 1194$;

3° la courbe $fm = f (si)$ coupe la courbe $alk = f (si)$ vers $si = 300$.

La comparaison des différentes courbes montre qu'elles ont sensiblement la même allure ; la courbe $fm = f (si)$ représentative des roches de Norvège décroît plus régulièrement que celle représentative des roches de Mauritanie. Cette comparaison montre également que si les deux courbes $alk = f (si)$ sont sensiblement superposables, les roches hypersthéniques de Mauritanie sont légèrement plus alumineuses (et moins ferromagnésiennes) et plus calciques que celles de Norvège.

(1) Birkremite = granite leucocrate à hypersthène, pauvre en quartz.

(2) Adamellite = granite monzonitique.

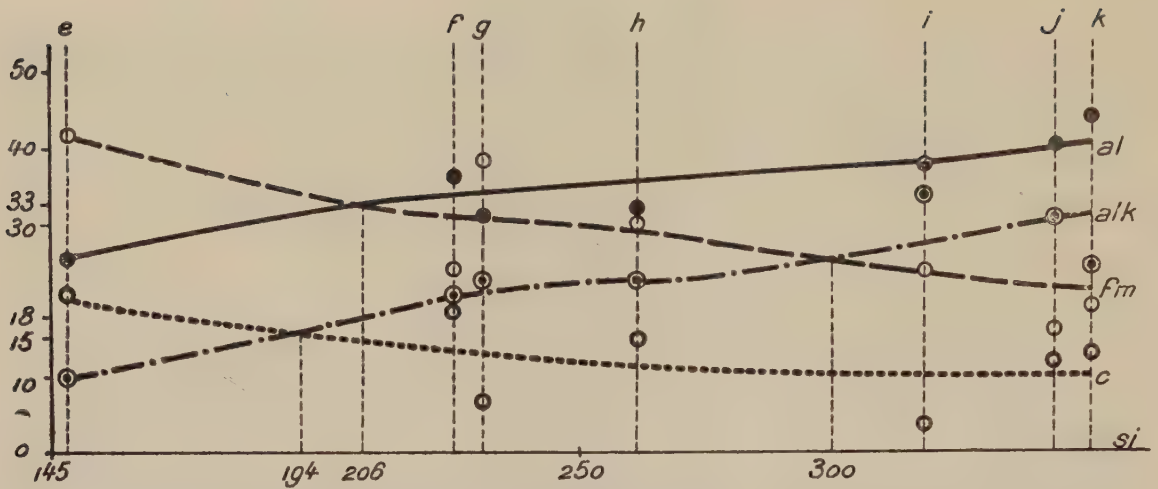


Fig:15

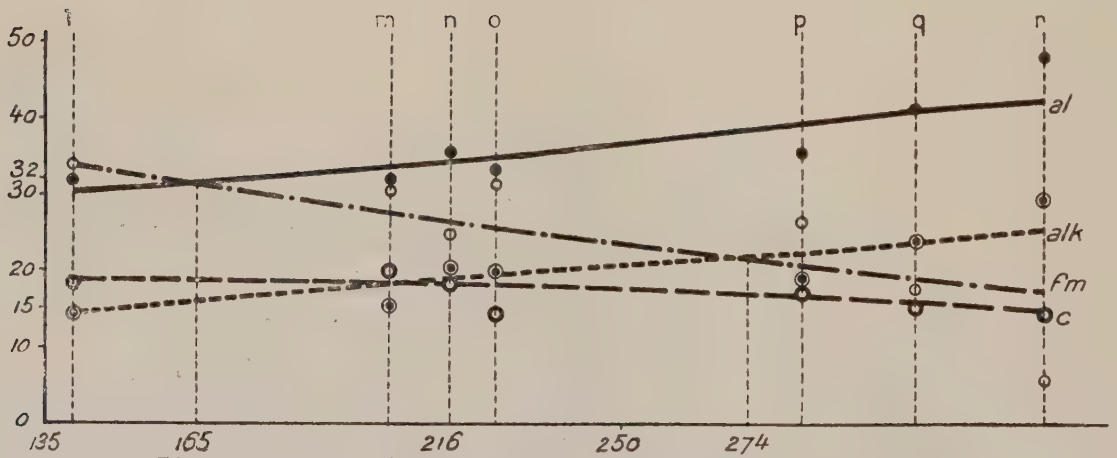


Fig:16

FINLANDE

J'ai pu également rassembler des résultats d'analyses dues à L. LOKKA [57 et 65] de roches à hypersthène de Finlande semblant bien appartenir à un même ensemble pétrographique. Ces roches sont les suivantes :

45. diorite à hypersthène de Vivola, Nummi ;
 46. granodiorite à hypersthène de Lahdenpohja, Jaakima ;
 47. granodiorite à hypersthène de Nummi ;
 48. granodiorite à hypersthène de Nalantojarvi, Kiuruvesi ;
 49. granite porphyroïde à hypersthène de Kimonskosky Viitasaari ;
 50. granite à hypersthène de Suurluotonen, Sonkajarvi ;
 51. granite plagioclasique à hypersthène, Valkinmaa Nummi ;
- et voici leurs paramètres ⁽¹⁾ :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
45.....	140	31,9	33,7	19,2	15,0	0,32	0,36
46.....	230	32,0	31,6	20,6	15,8	0,175	0,46
47.....	216	35,8	25,6	18,9	19,5	0,22	0,30
48.....	224	33,7	31,8	14,8	19,7	0,33	0,18
49.....	284	36,3	27,2	18,0	18,5	0,36	0,24
50.....	307	41,7	18,3	16,0	23,9	0,17	0,38
51.....	332	48,5	6,2	15,2	29,9	0,18	0,41

Le diagramme (fig. 116) correspondant à ces paramètres montre que :

- 1° l'isofalie a lieu pour si = 165, al = fm = 32, c = 19, alk = 13, la roche principale est donc très proche de la roche principale caractérisant la série à hypersthène de Mauritanie occidentale ;
- 2° la courbe c = f (si) coupe la courbe alk = f (si) pour si = 216 ;
- 3° la courbe fm = f (si) coupe la courbe alk = f (si) pour si = 274.

La comparaison des différentes courbes représentative des séries hypersthéniques de Mauritanie occidentale et de Finlande montre qu'elles sont sensiblement superposables et révèle une grande parenté entre les charnockites de ces deux régions.

UGANDA

A. W. GROVES a publié en 1935 un article magistral sur les roches à hypersthène de l'Uganda [26] où sont publiées les analyses des roches suivantes :

52. norite basique grenatifère de Niapea Hill (West Nile District) ;

(1) Les résultats d'analyses de ces roches sont signalés dans le tableau de la page

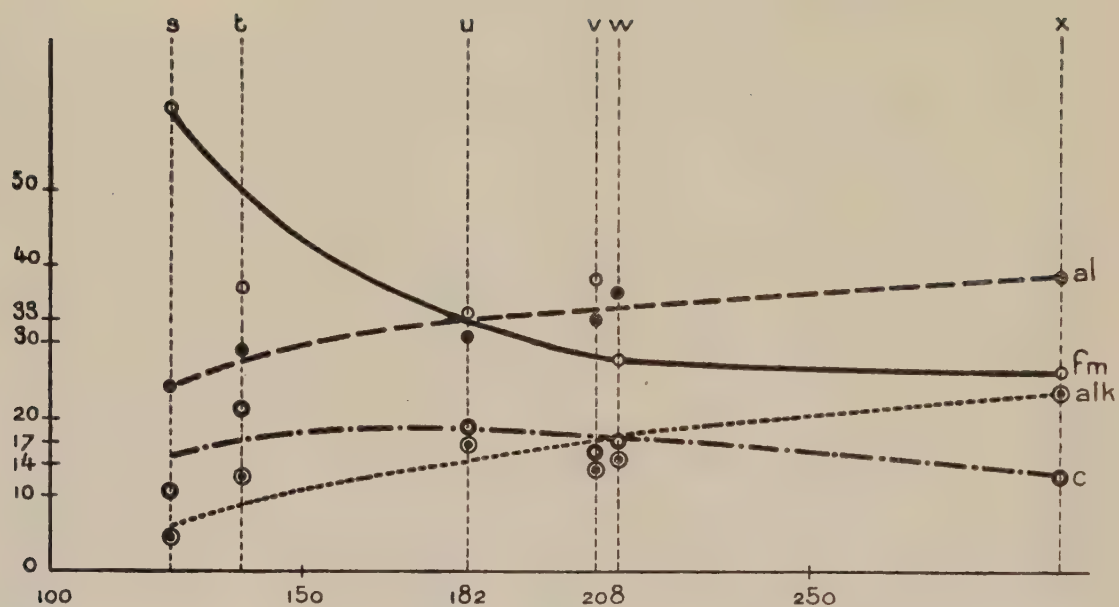


Diagramme représentant les variations de composition de la Série hypersthénique de l'UGANDA (courbes extrapolées)

Points figuratifs: ● al

○ fm

● c

○ alk

Fig: 17

53. diorite proche d'une norite, entre Zthezine et Kameon - Karomoja ;
54. quartz hornblende - hypersthène diorite - Madral (Soudan anglo-égyptien) ;
55. quartz hypersthène diorite - 5 km sud-ouest Kigarobya (Dunyoro District) ;
56. quartz-hypersthène diorite - Mt Wati (Ote) West Nile District ;
57. charnockite entre camp Waki et camp Bukumi - Bunyoro District.

	si	al	fm	c	alk
52	124	24,1	61	10,5	4,4
53	137	28,7	37	21,7	12,6
54	182	30,4	32,8	19,6	17,2
55	208	32,4	38,4	15,5	13,7
56	212	36,5	27,5	17,6	18,4
57	300	38,4	26,5	11,8	23,3

Le diagramme (fig. 17) correspondant à ces paramètres montre que :

1° la roche principale est caractérisée par :

$$si = 182 \quad al = fm = 33 \quad c = 27 \quad alk = 14 ;$$

2° la courbe $c = f (si)$ coupe la courbe $alk = f (si)$ pour $si = 208$ et $c = alk = 17$.

De plus, la forme des différentes courbes est la même que celles représentant les roches de Mauritanie, les roches de l'Uganda étant légèrement moins alumineuses (et par conséquent plus riches en ferromagnésiens) et moins calciques que celles de Mauritanie.

COTE D'IVOIRE

P. LEGOUX, dans une publication sur le pays de Man [57], a donné différentes analyses de roches à hypersthène qu'il a étudiées et rappelé des analyses faites antérieurement pour A. LACROIX.

Voici les paramètres correspondant à ces différentes analyses :

58. granite pauvre en hypersthène - mont Gbon (LACROIX) ;
59. granite à hypersthène. Route Man-Séguéla, 2 km 850 après Faniepleu ;
60. granite à hypersthène. Route Bian-Houne à Danané ;
61. granite à hypersthène sans biotite. Pied du mont Zan (LACROIX) ;
62. pâte d'un granite porphyroïde à hypersthène. Entre Bofesso et Zagoué ;
63. norite - entrée de la grotte du moni Momy (LACROIX) ;
64. norite - Zoanlé (LACROIX) ;
65. norite - entre Ganlé et Ouodé ;
66. gabbro à hypersthène — entre Kpata et Nebou Sama ;
67. hypersthénite feldspathique. Campement des passeurs du Bafiag à Doué.

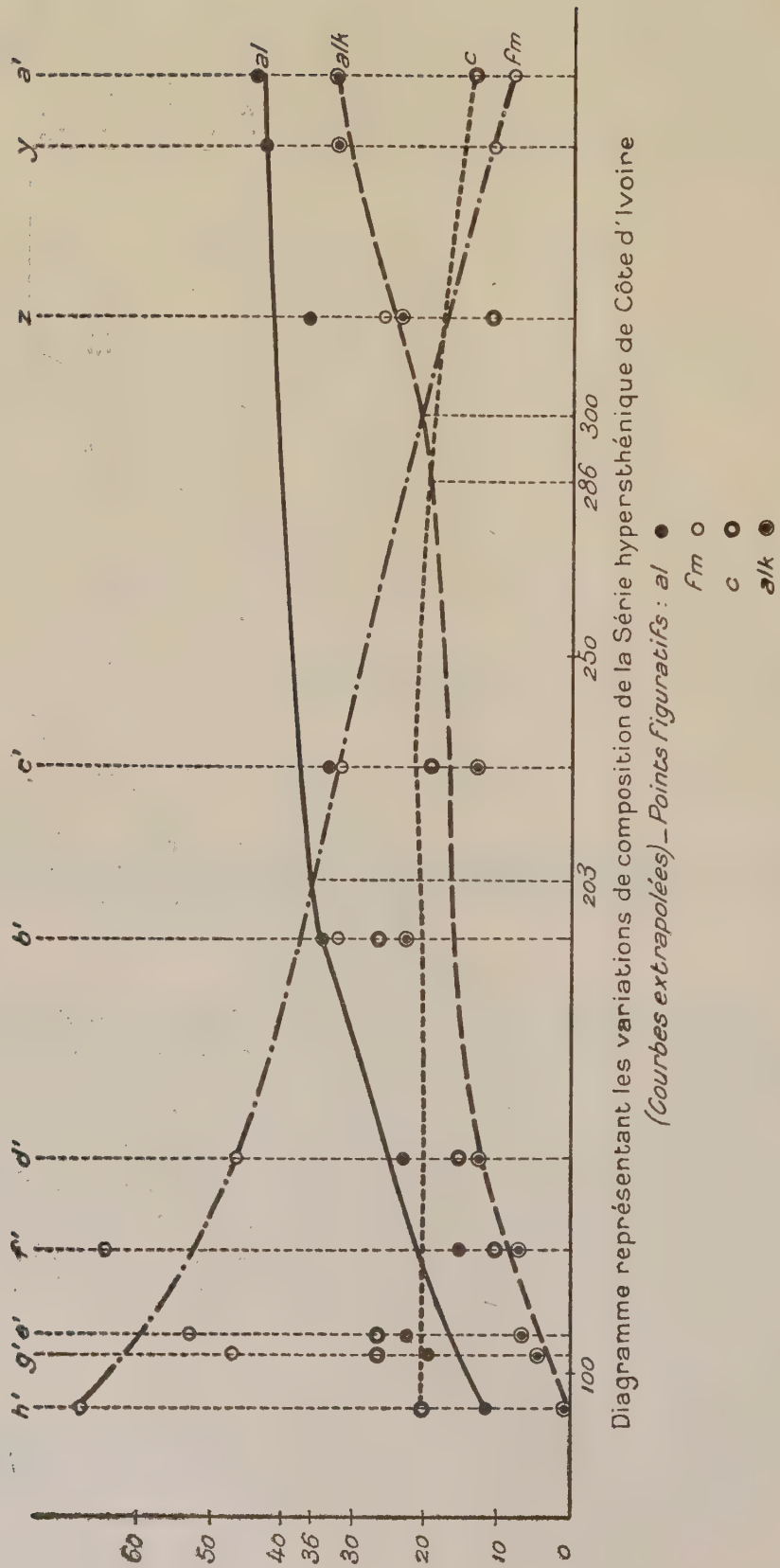


Fig: 18

	si	al	fm	c	alk
58	356	43,4	11,6	11,6	33,4
59	320	37,3	26,2	12,2	24,3
60	372	44,0	8,7	14,1	33,2
61	191	35,2	32,9	17,5	14,2
62	227	33,6	33,5	20,1	12,7
63	145	24,2	46,7	16,2	12,8
64	107	22,6	53,1	17,3	6,9
65	125,5	15,5	65,5	10,4	8,6
66	103	20,3	47,6	27,5	4,5
67	93	11,9	67,1	21,0	0,0

Une fois de plus, les courbes figuratives (fig. 18) ont la même allure, avec, toutefois, un palier pour la courbe $alk = f(si)$; ce palier, peut-être plus apparent que réel, est dû à l'absence d'analyses pour des valeurs de si comprises entre 227 et 320.

L'isofalie a lieu pour $si = 203$ (200 pour les courbes non extrapolées) avec $al = fm = 36$, $c = 21$, $alk = 17$.

Les autres points d'intersection des courbes sont :

$al = f(si)$ et $c = f(si)$ pour $si = 125$ et $al = c = 20$,

$c = f(si)$ et $alk = f(si)$ pour $si = 286$ et $c = alk = 20$,

$fm = f(si)$ et $alk = f(si)$ pour $si = 300$ et $fm = alk = 21$.

La superposition des courbes figuratives des séries de Côte d'Ivoire et de Mauritanie montre que ces courbes sont sensiblement les mêmes avec, toutefois, une plus grande richesse en ferromagnésiens pour les roches éburnéennes.

CONCLUSION

Les paramètres caractérisant les roches principales des différents ensembles sont les suivants :

	si	al-fm	c	alk
Mauritanie	175	34	20	13
Inde	294	33	14	20
Norvège	206	33	15	18
Finlande	165	32	19	15
Uganda	182	33	27	14
Côte d'Ivoire	203	36	21	17

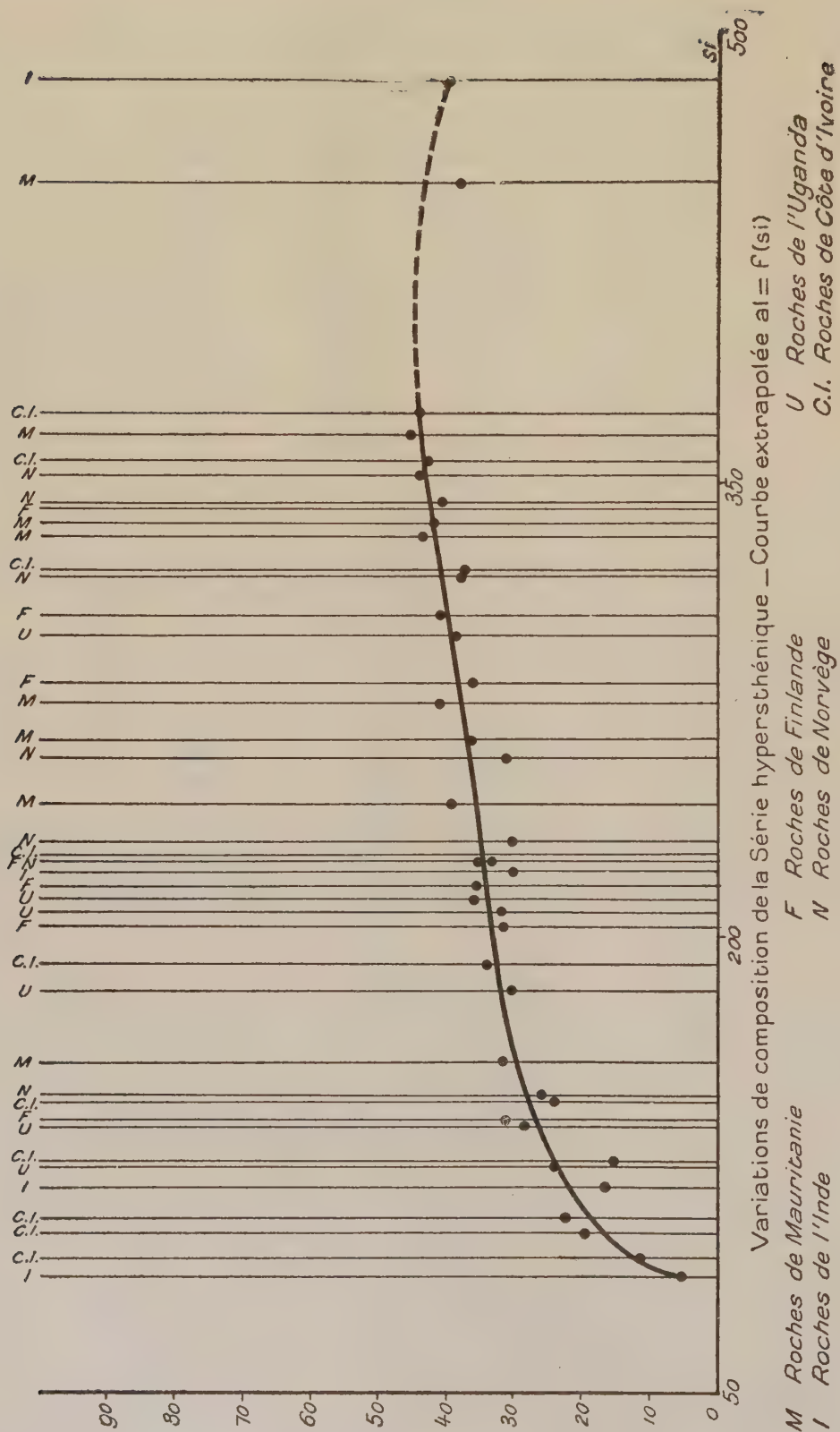


Fig:19

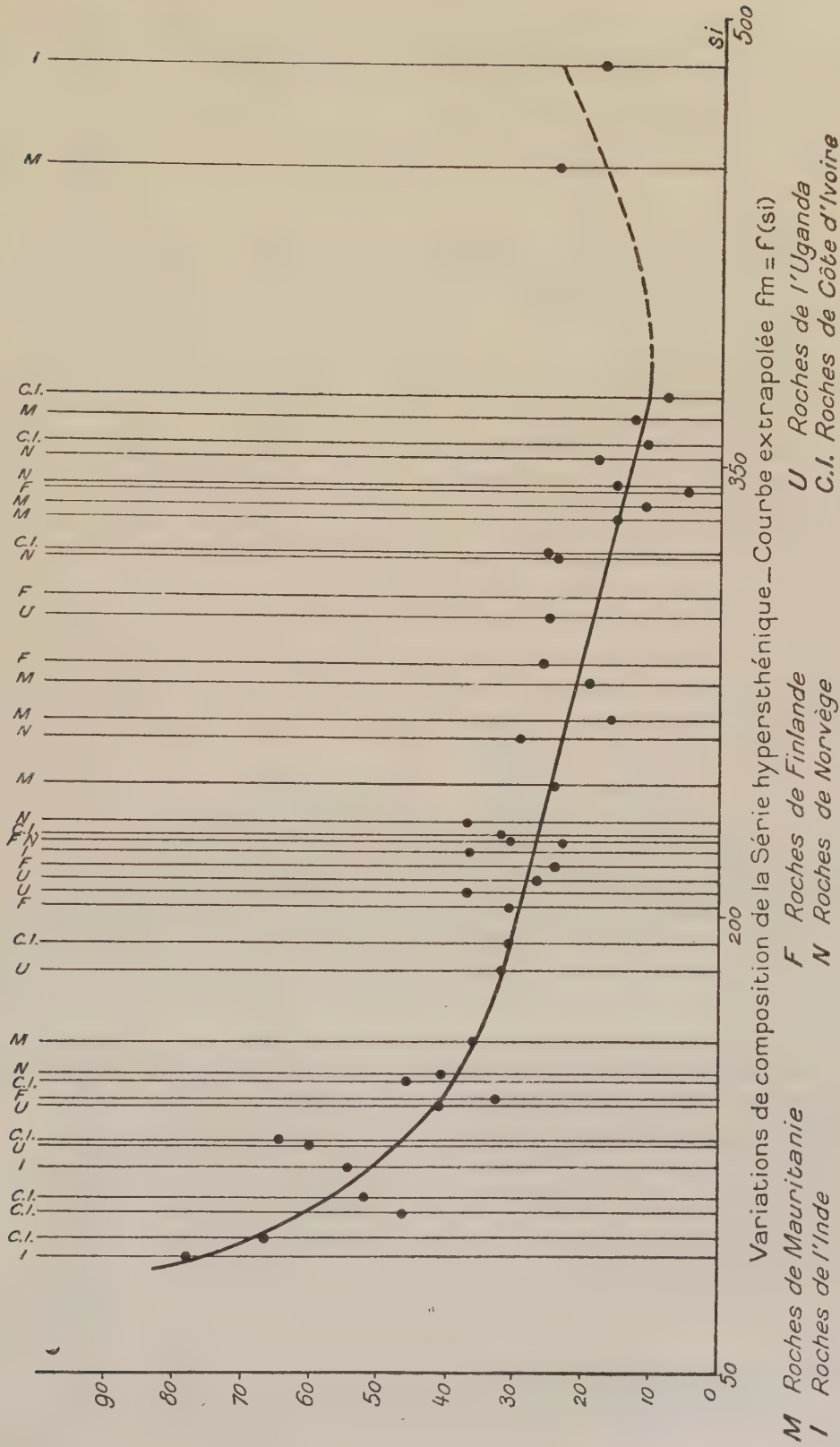


Fig:20

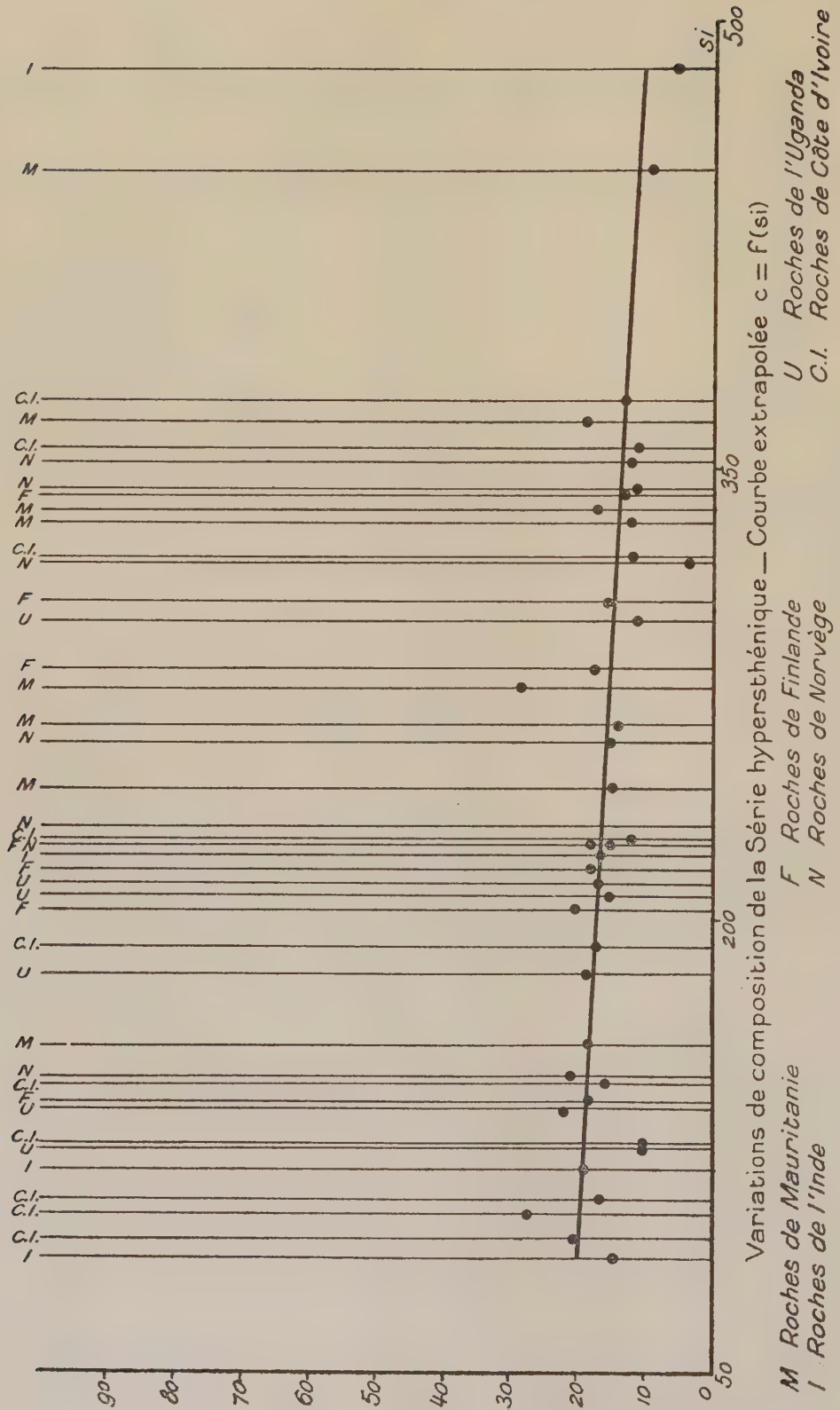


Fig:21

D'autre part, la superposition des différentes courbes montre que, pour $al = f(s_i)$ et $fm = f(s_i)$, elles sont sensiblement parallèles et très proches l'une de l'autre ⁽¹⁾ et que les courbes $c = f(s_i)$ et $alk = f(s_i)$ se superposent sur une grande partie de leur tracé.

Enfin, je n'ai pas représenté les classiques diagrammes (k , mg) qui n'ajoutent aucun renseignement : les paramètres k et mg étant dans toutes ces roches, quelle que soit leur origine, relativement faibles, les points représentatifs se groupent près de l'intersection des axes des coordonnées.

De toutes les considérations précédentes, je crois pouvoir conclure qu'il existe une grande parenté entre les séries hypersthéniques de Mauritanie occidentale, de Finlande, de l'Inde, de Norvège, de l'Uganda et de la Côte d'Ivoire. L'éloignement de ces régions ne permet certes pas de parler de « province lithologique », mais il semble exister entre ces séries une convergence assez nette, que j'ai tenu à souligner.

Cette observation me conduit à un essai, de valeur évidemment assez théorique, celui de représenter une série hypersthénique type à l'aide de toutes les analyses précédentes. Cette représentation a déjà été faite autrefois par GROVES (*op. cit.*) et les figures n^{os} 19-20-21-22 complèteront, par l'adjonction de nouvelles analyses, le travail de cet auteur.

La construction du diagramme justifie cet essai car les points se disposent à proximité les uns des autres, de sorte que le tracé de la courbe extrapolée est des plus aisé. Aucune roche n'offre des paramètres dont les points figuratifs s'écartent de façon anormale des courbes. Les roches à hypersthène des différentes régions considérées appartiennent donc à une même série, sinon à de séries très proches l'une de l'autre.

La série type ainsi définie a son isofalie pour $s_i = 187$ et $al = fm = 31$ avec comme autres paramètres de la roche principale $c = 18$, $alk = 17$.

Ce sont les roches de l'Uganda qui sont le plus proches de cette série type.

Les autres points d'intersection des courbes de ce diagramme sont :

$$al = c = 19 \text{ pour } s_i = 111$$

$$c = alk = 17 \text{ pour } s_i = 200$$

$$fm = alk = 22 \text{ pour } s_i = 278$$

$$fm = c = 14 \text{ pour } s_i = 333$$

Cette grande similitude entre les différentes séries hypersthéniques du monde permet de leur attribuer une origine ou bien plutôt des conditions de formation identiques. Ceci est d'ailleurs confirmé par les observations de différents auteurs qui montrent que les conditions de gisement, la texture, la structure, la composition minéralogique... des différentes charnockites sont toujours très semblables.

En résumé, parmi les roches constitutives de la Série de l'Amsaga, il est possible de distinguer deux grandes catégories :

- 1° un ensemble de schistes cristallins dérivant d'anciens sédiments métamorphisés (origine para) et comprenant des quartzites, des calcaires métamorphiques, des micaschistes et des gneiss alumineux. Ces derniers sont en étroite association avec des leptynites grenatifères ;
- 2° un ensemble de gneiss à biotite ou à hypersthène qui sont, au moins en majeure partie, d'anciens granites.

Il convient d'examiner maintenant quelles sont les relations chronologiques existant, d'une part, entre les différentes roches à l'intérieur de chacun de ces deux groupes et, d'autre part, entre ces deux groupes eux-mêmes.

(1) La figure correspondante n'a pas été reproduite car elle serait trop confuse.

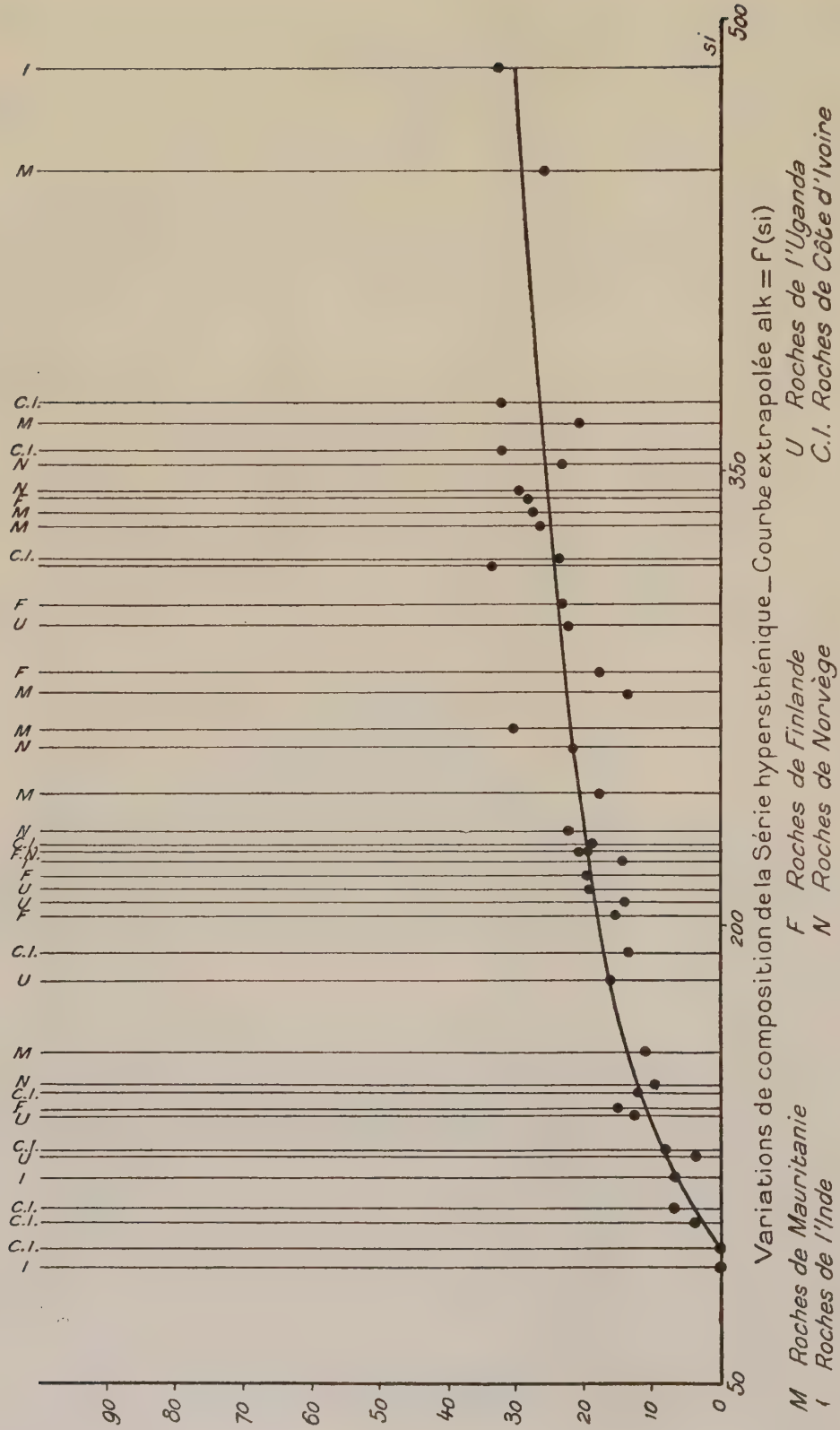


Fig: 22

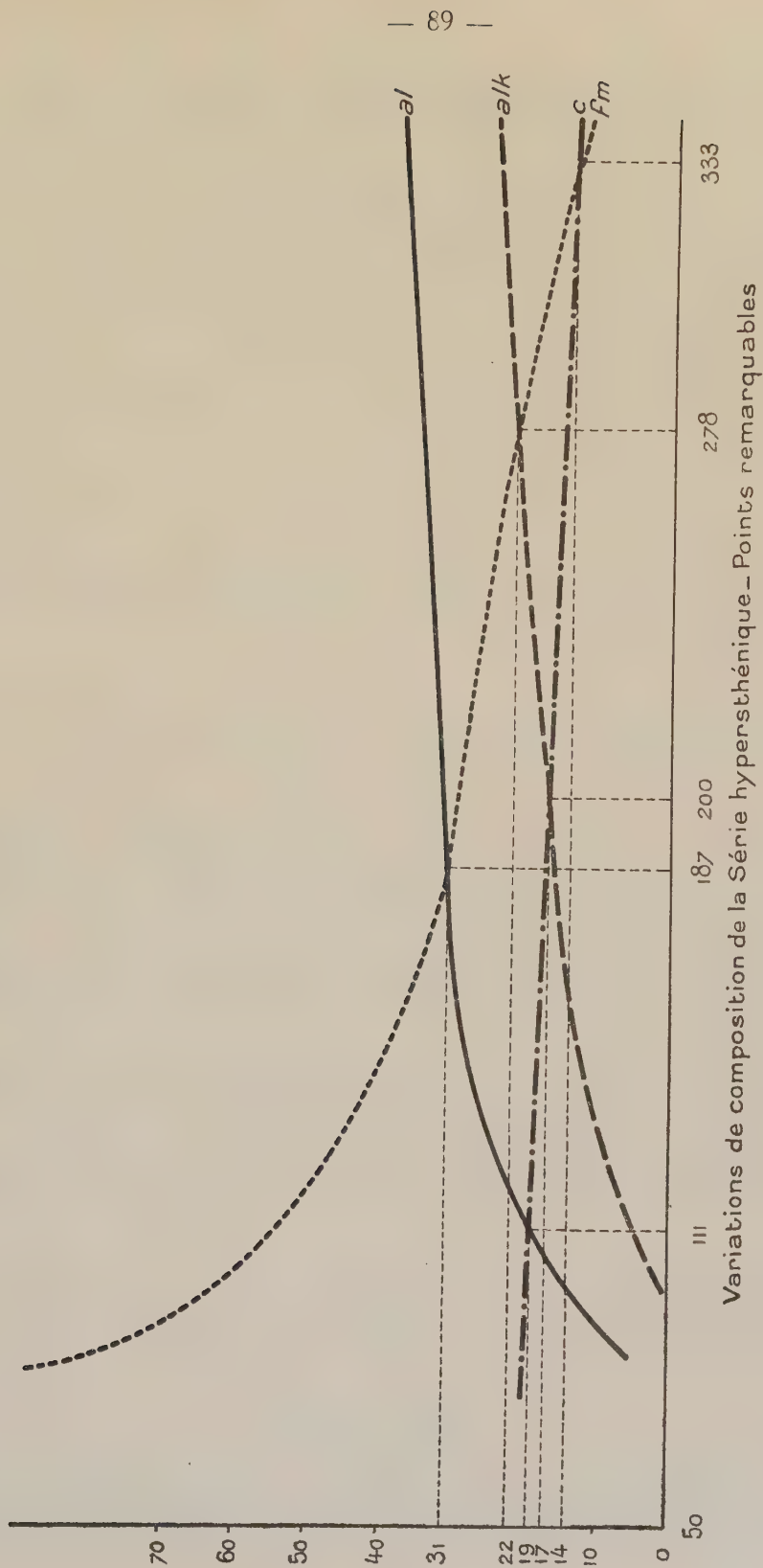


fig:23

RELATIONS CHRONOLOGIQUES EXISTANT ENTRE LES DIFFÉRENTES ROCHES DE LA SÉRIE DE L'AMSAGA

RELATIONS EXISTANT ENTRE LES GNEISS À CORDIERITE ET SILLIMANITE ET LES LEPTYNITES

Lors de la description des zones de contact de ces deux groupes de roches, j'ai essayé de montrer que l'examen sur le terrain aussi bien que l'étude au laboratoire indiquent entre elles des rapports très intimes. Quelle que soit l'origine des leptynites, il y a lieu de les associer avec les gneiss à sillimanite dans un même ensemble stratigraphique.

Chaque fois que j'ai pu observer des leptynites à proximité de gneiss à sillimanite, il y a non seulement concordance parfaite entre les bancs des deux roches, mais les leptynites sont stratigraphiquement surmontées par les gneiss à cordiérite et sillimanite.

Étant donné la tectonique assez violente qu'a subie la Série de l'Amsaga, il est peut-être hardi de déduire de cette position l'antériorité des leptynites. Cependant il est à noter que M. ROQUES (renseignement oral) a, au courant de l'été 1950, observé que des leptynites, présentant les mêmes caractères que celles de l'Amsaga, et notamment des lentilles fusiformes de quartz, semblaient être inférieures aux gneiss à cordiérite de Madagascar. Il m'a semblé intéressant d'insister sur cette similitude de disposition géométrique des leptynites et des gneiss à cordiérite et sillimanite de ces gisements.

RELATIONS EXISTANT ENTRE LES GNEISS À CORDIERITE ET SILLIMANITE ET LES QUARTZITES

Le col d'Adraye (dont la coupe a été donnée p. 59, cf. également la fig. 5) montre la parfaite interstratification de plusieurs (trois) bancs de quartzites ferrugineux, de gneiss à cordiérite, sillimanite, grenats et de divers types de passage très progressif entre ces deux groupes de roches : quartzites à sillimanite et grenat, quartzites ferrugineux à grenat. Des observations identiques, mais moins détaillées, ont été faites à la koedia el Aghnem.

À la suite de ces observations, on peut admettre que les roches qui sont à l'origine des quartzites ferrugineux appartiennent au même cycle de sédimentation que celles qui, en se métamorphisant, ont donné les leptynites grenatifères et les gneiss à cordiérite et sillimanite.

En résumé, on peut considérer que les trois types de roches les plus importants, — par la superficie de leurs affleurements —, du premier groupe distingué à la fin du précédent chapitre (soit les gneiss à cordiérite et sillimanite, les leptynites et les quartzites ferrugineux), appartiennent à un même ensemble stratigraphique auquel je rattacherai, à cause de leur origine sédimentaire analogue, les calcaires métamorphiques et les micaschistes. Je n'ai toutefois pas pu faire d'observations précises pour me permettre d'étayer cette dernière affirmation qui reste à l'état d'hypothèse.

Si, maintenant, on observe la répartition géographique des trois principaux faciès de ce groupe, on peut constater qu'ils ne sont pas distribués au hasard : les quartzites ferrugineux occupent les parties nord et est, les gneiss à sillimanite et cordiérite viennent ensuite et, enfin, toute la zone occidentale de l'Amsaga et du Tiris est le domaine des leptynites grenatifères. Par ailleurs, les travaux actuellement en cours de G. ROCCI, sur la feuille de Tourine, au nord-est de Fort-Gouraud, ont montré un grand développement des schistes cristallins dérivant de formations calcaires (cipolins associés à des amphibolites et des pyroxénites). Les travaux géologiques en Mauritanie n'ont pas encore été assez poussés pour indiquer si ces différents faciès sont superposés ou s'il y a passage latéral entre les diverses formations mais la répartition de ces ensembles lithologiques indique une variation des conditions de sédimentation au Précambrien, soit dans le temps, soit dans l'espace.

RELATIONS EXISTANT ENTRE LES GNEISS A BIOTITE ET LES GNEISS A HYPERSTHENE

On a vu que ces deux groupes de gneiss dérivait de roches granitiques métamorphisées. Mais s'agit-il de deux granites d'âge différent ou de deux faciès d'une même venue granitique ? L'étude de zones où ces deux types de gneiss sont représentés ne montre pas de massif, de l'un ou l'autre type, à contours précis, bien délimités ou des apophyses d'une de ces roches dans l'autre, ou tout autre phénomène généralement observable dans les contacts granitiques. On passe, au contraire, insensiblement d'un type à l'autre par l'apparition de gneiss à biotite, sans hypersthène mais à faciès malgachitique (couleur cassonade des feldspaths), puis de gneiss pauvres en hypersthène. Ces formes ont été précédemment décrites. Une telle transition entre les deux formes a déjà été signalée par GROVES [26] en Uganda. Il y aurait donc lieu de rattacher au même granite d'origine, ces deux types de gneiss ; les gneiss à hypersthène seraient, à mon avis, le résultat de conditions de métamorphisme différentes de celles dans lesquelles se sont formés les gneiss à biotite.

Les gneiss du deuxième grand groupe précédemment défini seraient donc contemporains.

RELATIONS CHRONOLOGIQUES EXISTANT ENTRE LES ROCHES DERIVANT DE SEDIMENTS METAMORPHISES ET LES GNEISS D'ORIGINE IGNEE

La Série de l'Amsaga peut donc être divisée en deux groupes : l'un comportant des schistes cristallins au moins partiellement d'origine sédimentaire (série para), l'autre des gneiss d'origine ignée (série ortho) formés respectivement de roches de même âge. Mais le problème de leurs relations mutuelles se pose : la série ortho est-elle intrusive dans les roches para et par conséquent postérieure ou, au contraire, a-t-elle été recouverte de sédiments ultérieurement métamorphisés et dont il subsisterait quelques lambeaux.

On a vu, lors de la description des contacts des différentes roches, que la composition minéralogique et la texture des gneiss à cordiérite et sillimanite, associés aux leptynites, étaient notablement modifiées quand ces roches étaient au contact des gneiss d'origine granitique et notamment des gneiss à hypersthène (région de guelb el Askaf, de Tajalet el Graa, de Rmemimat). De telles modifications n'auraient pu être notées si les gneiss à sillimanite étaient postérieurs aux gneiss à biotite et à hypersthène.

L'observation des nombreux affleurements de quartzites ferrugineux du Tiris montre que les bancs, plus ou moins puissants, de cette roche sont pincés en lentilles d'importance variable (quelques mètres à plusieurs kilomètres), dans des gneiss à biotite (Touijenjert, Tintikret, Tizerghaf) ou dans des gneiss à hypersthène (el Aouj, colline occidentale de Feraouate) qui les enveloppent de tous côtés. J'interprète ce mode d'affleurement comme celui d'enclaves résiduelles dans les roches ignées qui sont à l'origine des gneiss à biotite ou à hypersthène et pense donc que ceux-ci sont postérieurs aux quartzites.

Enfin, rappelons l'opinion de L. BODIN (voir p. 66), qui voit, dans les gneiss à diopside des Gleibat el Hadej et ould Aïssa, le produit du remaniement d'anciens sédiments calcaires par un granite plus récent qui, d'après les observations de terrain, ne pourrait être que celui qui est à l'origine des gneiss à biotite.

CONCLUSIONS

On peut donc diviser les roches métamorphiques constituant la Série de l'Amsaga en deux grands ensembles chronologiquement différents. Le plus ancien est composé, au moins dans sa majeure partie, par des schistes métamorphiques provenant d'anciens sédiments. Le complexe le plus récent dériverait d'anciens granites et serait intrusif dans les roches du précédent groupe.

Cependant, les gneiss de ces deux groupes ont été sans doute métamorphisés dans des conditions identiques et cela leur a donné dans certains cas des caractères communs et particuliers qu'on va essayer de dégager dans le chapitre suivant :

REMARQUES SUR LES FACIES PROFONDS DE METAMORPHISME DE LA SERIE DE L'AMSAGA

Les études récentes sur le métamorphisme, résumées par ESKOLA [19] et TURNER [91], montrent que la distinction entre paragneiss et orthogneiss est de plus en plus malaisée et que, pour une amplitude donnée des facteurs du métamorphisme, des roches d'origines diverses, ignées ou sédimentaires, convergent vers une seule et même paragenèse.

Si donc on considère dans leur ensemble, les schistes cristallins constituant la Série de l'Amsaga (mis à part les micaschistes d'Aouinet em Mlis dont le cas mériterait une étude détaillée sur le terrain), on s'aperçoit aisément que les minéraux qui les constituent sont symptomatiques d'un métamorphisme intense et que la totalité de ces roches appartient à la « catazone » ou à la zone des gneiss inférieurs des zones d'isométamorphisme de JUNG et ROQUES [41].

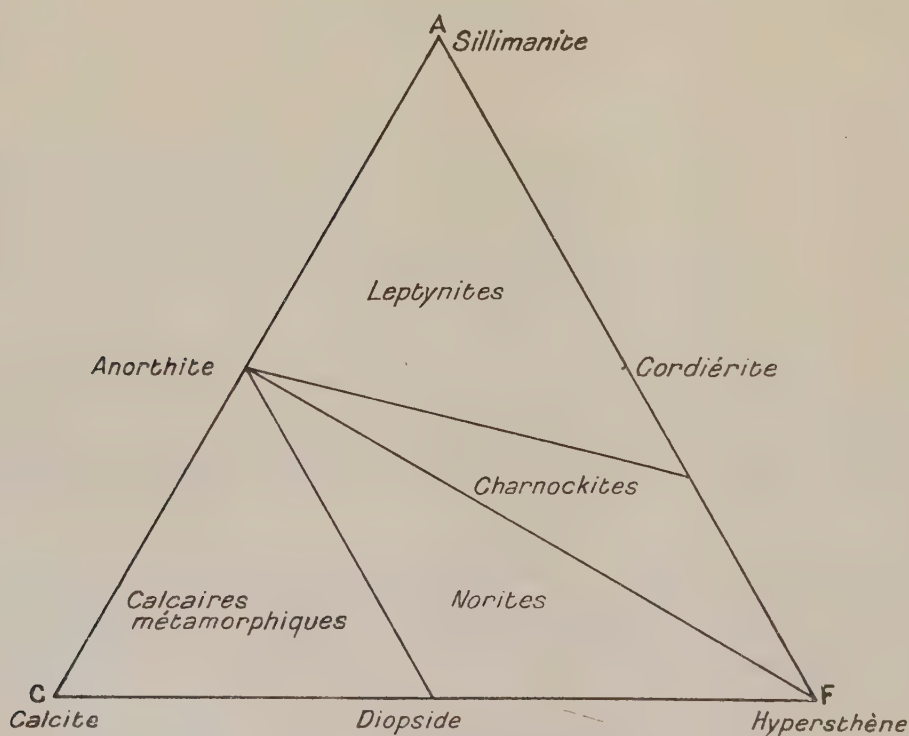


Diagramme A.C.F. - Facies "Granulite"
- Répartition théorique des différentes formes

Fig: 24

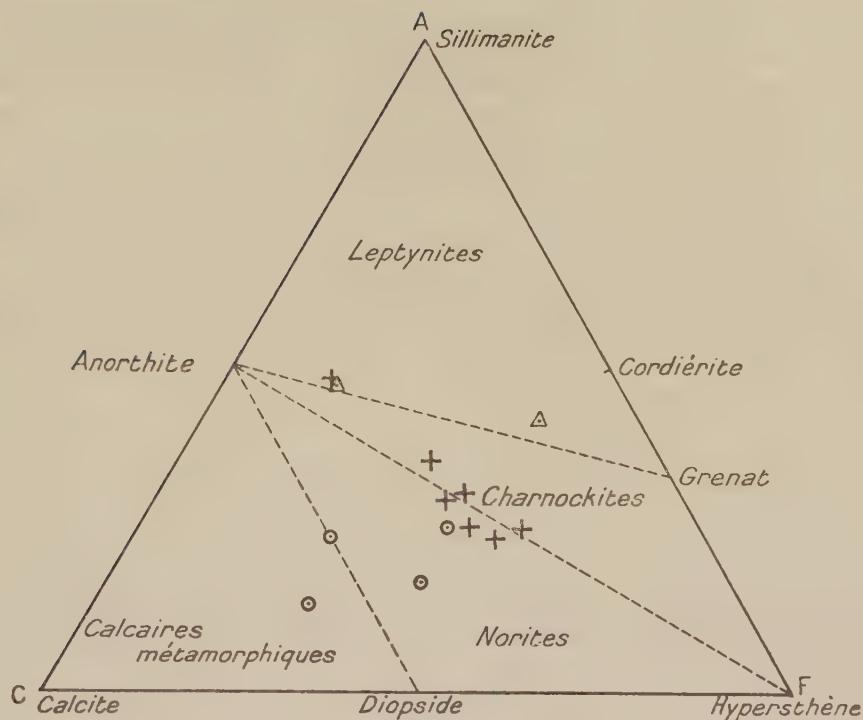


Diagramme A.C.F. — Facies "Granulite" — Roches de Finlande

Δ Leptynites

+ Charnockites

⊙ Calcaires métamorphiques

Fig: 25

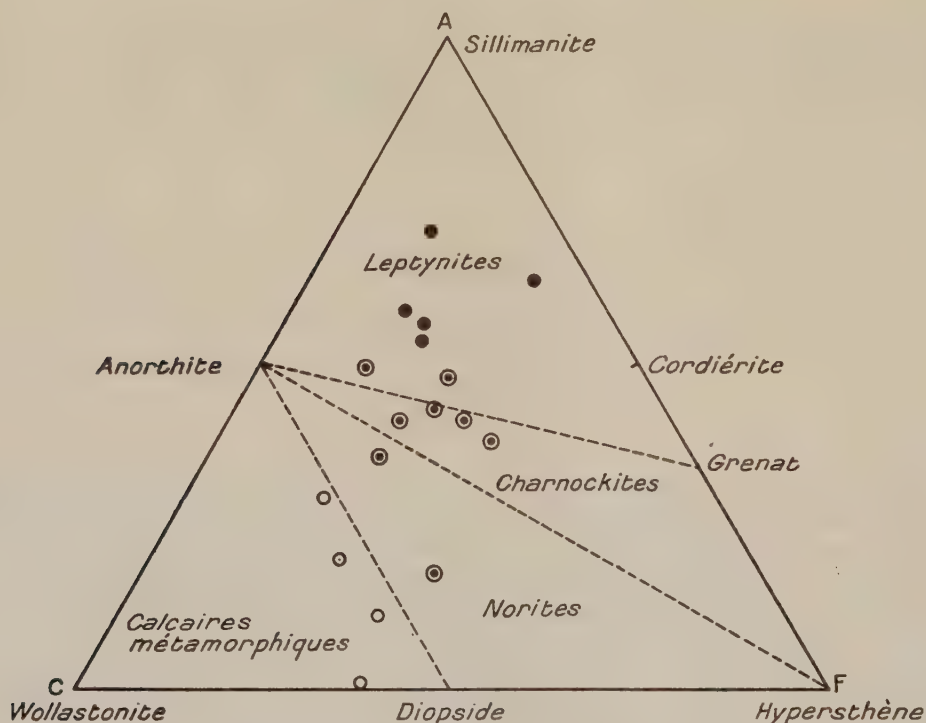
Cependant, différents auteurs et notamment ESKOLA ont poussé plus loin la classification des zones de métamorphisme basée sur des minéraux symptomatiques constituant des « faciès et des sous-faciès de métamorphisme ». En se basant sur cette classification, il serait sans doute possible de distinguer, tant dans le texte que sur une carte, les roches de la Série de l'Amsaga, quelle que soit leur origine, appartenant au « faciès amphibolite » (avec ses subdivisions) et celles se rattachant au « faciès granulite ». Mes observations n'ont pas encore été assez poussées pour pouvoir entreprendre actuellement ce travail et je ne vais que faire quelques remarques sur deux groupes de gneiss particuliers de la Série de l'Amsaga : les roches à hypersthène et les leptynites grenatifères qui, notamment dans la région de Chig-el Mokhanze-Touama-guelb Mint Sidi Baba, affleurent à proximité l'une de l'autre.

Pour KORJINSKY (cité par TURNER [91, p. 134]) les « associations minérales caractéristiques formées (dans le métamorphisme régional) à des profondeurs et des pressions extrêmes sont les associations à hypersthène ». P. MICHOT [70] a proposé de nommer « faciès mangénitique » l'association plagioclase - feldspath K - hypersthène - quartz qui est celle des gneiss à hypersthène de la Série de l'Amsaga. Pour cet auteur, ce faciès est caractéristique de la catazone inférieure et, à l'appui de cette observation, il a noté en Norvège méridionale qu'il plongeait tectoniquement sous le faciès amphibolique. La hornblende brun-verdâtre associée à la biotite brun-rouge accompagnée de magnétite, complexe minéral observé — rappelons-le — à Mou Khzama, serait, pour ce même géologue, l'annonce de la catazone supérieure.

En résumé, pour différents auteurs, le faciès des gneiss à hypersthène serait le plus profond des faciès connus du métamorphisme régional.

D'autre part, l'association : quartz - orthose - grenat (accessoirement : plagioclase - sillimanite - accidentellement cordiérite), typique des granulites « acides » claires telles que le weisse Stein de Saxe avec le quartz « en lentilles aplaties ou en feuilletés orientés » [91], qui est celle des leptynites grenatifères de l'Amsaga, serait très caractéristique du « faciès granulite » qui « représente les pressions et températures maxima du métamorphisme régional » [91 p. 229].

Il me semble intéressant de souligner que ces deux « faciès minéraux » considérés comme représentant les termes les plus poussés du métamorphisme régional coexistent côte à côte dans une grande partie de l'Amsaga et du Tiris ; ce voisinage s'aperçoit aisément par l'examen de la carte, dans les régions de Touama — guelb Mint Sidi Baba, Chig-el Mokhanze, Tinamsat — Senine Kembo, el Arouyat — Mabrouk, etc... De telles occurrences ont déjà été signalées en Saxe, à Ceylan, à la Terre Adélie, en Laponie finnoise [91], Madagascar (renseignement dû à M. ROQUES) et je crois bon d'ajouter à cette liste la Mauritanie occidentale, qui mérite de devenir classique pour les auteurs désirant approfondir l'étude, sur le terrain, des roches de la catazone inférieure.



● Leptynites

⊙ Gneiss à hypersthène

○ Calcaires métamorphiques

Fig: 26

Pour terminer ces quelques considérations, je donnerai quelques diagrammes A - C - F montrant que les paragenèses des roches de la catazone inférieure de Mauritanie occidentale satisfont bien au « faciès granulite » tel qu'il a été défini par ESKOLA. Sur ces diagrammes, j'ai en plus des leptynites et des roches à hypersthène, représenté quelques calcaires métamorphiques qui me semblent bien appartenir, eux aussi, à la catazone profonde. Pour diminuer le nombre des figures et les rendre plus parlantes, je me suis permis de représenter sur un même triangle les roches avec excès de silice et les roches déficientes en cet élément (certains calcaires métamorphiques), ce qui, dans le cas considéré, est sans importance puisque je ne comparerai pas les roches à l'intérieur d'un même triangle mais les triangles entre eux.

Un premier diagramme (fig. 24) indique la répartition théorique des différentes formes selon ESKOLA. Le diagramme (fig. 25) est celui de roches de Finlande ; j'y ai reporté :

1° les gneiss à hypersthène signalés p. ;

2° deux analyses de « granulites » (leptynites) indiquées par HACKMAN [27] :

68. granulite de Enare (Laponie Finnoise).

Analyste : NAIMA SAHLBOM.

69. gneiss granulitique de Laponie Finnoise.

Analyste : NAIMA SAHLBOM.

3° quatre analyses de calcaires métamorphiques trouvés dans L. LOKKA [65-66].

70. skarn à andradite, Perheentupa, Orijarvi, Kisko.

Analyste : P. ESKOLA.

71. gneiss à diopside, microcline et plagioclase, Church Village, Vihti.

Analyste : L. LOKKA.

72. gneiss à diopside et plagioclase, Kettula, Suomusjärvi.

Analyste : H. LÖNNROTH.

73. gneiss à diopside et plagioclase, Hermala Lohja.

Analyste : H. LÖNNROTH

Enfin, le diagramme de la figure 26 est celui des roches de Mauritanie occidentale ; il montre qu'elles se répartissent de façon très satisfaisante à l'intérieur des différentes subdivisions du triangle.

Les données numériques correspondantes à toutes ces roches sont signalées dans le tableau suivant :

Planche : 5

DC
POUR LA CONSTRUCTION

Roches de

	45	46	47	48	49
SiO ₂	51,35	61,48	61,28	61,85	67
Al ₂ O ₃	20,02	16,44	17,15	15,80	14
Fe ₂ O ₃	6,21	1,06	1,12	0,32	0
FeO	9,22	5,11	5,08	8,35	5
MgO	3,04	2,93	1,45	1,02	1
MnO	0,13	0,05	0,09	0,01	0
CaO	6,57	5,82	4,99	3,82	3
Na ₂ O	3,86	4,11	4,41	3,29	2
K ₂ O	2,81	1,33	1,99	2,80	2
TiO ₂	1,85	0,92	1,40	1,18	1
P ₂ O ₅	0,70	0,26	0,13	0,48	0
H ₂ O + ...	0,34	0,80	0,61	0,44	0
H ₂ O - ...	0,05		0,11		
CO ₂					
	100,15	100,31	99,81	99,36	99

Proportions

	1	2	3	4	9
Al ₂ O ₃	2	162	218	60	155
Fe ₂ O ₃	3	1	11	56	13
FeO	2	35	14	61	4
MnO	—	—	—	—	—
MgO	379	46	10	145	51
CaO	620	123	65	452	15
Na ₂ O	1	90	77	46	32
K ₂ O	0	47	116	1	22

INNEES NUMERIQUES
N DES DIAGRAMMES DES FIGURES 24-25-26

Finlande — Analyses chimiques

9	50	51	68	69	70	71	72	73
.07	69,38	70,52	80,67	73,98	42,84	55,28	60,92	71,11
.59	16,01	17,45	10,17	14,93	4,56	15,77	14,50	11,95
.56	0,36	0,13	0,74	0,26	10,60	0,40	0,72	1,04
.18	2,81	0,71	1,93	0,34	8,94	7,56	5,40	2,95
.02	1,03	0,35	1,14	0,36	4,03	2,98	1,79	1,61
.06	0,01	0,02	traces	0	0,63	0,02	0,11	0,12
.99	3,34	3,08	0,93	1,92	26,24	10,16	12,65	3,97
.90	4,66	5,38	1,47	3,14	0	2,34	1,90	2,37
.41	1,46	1,80	2,49	5,07	0,12	3,85	0,47	2,85
.03	0,44	0,18	0,42	traces	0,35	1,11	0,90	0,40
.81	0,21	0,24	traces	0	0,05	0,17	0,36	0,19
.21	} 0,52	0,27	} 0,20	} 0,11	} 0,78	0,51	0,23	0,20
		0,10				0,13	0,20	0,10
					0,95			0,89
.83	100,23	100,23	100,16	100,11	100,09	100,28	100,15	99,75

moléculaires intéressant le calcul.
Roches de Mauritanie.

	10	11	12	13	17	18	19	20	21	22	23	24
147	147	148	139	149	148	106	155	167	153	175	175	
5	10	1	9	9	4	21	4	8	8	43	7	
17	5	10	10	10	27	19	25	35	6	72	69	
—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	2	—	
6	15	5	12	15	8	10	38	30	33	43	28	
32	36	20	29	66	64	29	64	99	46	103	68	
61	42	12	36	20	87	35	113	53	63	53	53	
29	37	54	48	48	12	38	20	5	33	6	27	

Planche : 6

I

	45	46	47	48
Al ₂ O ₃	196	161	169	155
Fe ₂ O ₃	1	7	7	2
FeO	128	71	70	116
MgO	76	73	36	25
MnO	1	—	1	—
CaO	118	104	89	68
Na ₂ O	62	66	71	53
K ₂ O	30	14	21	30

Valeur de λ

	1	2	3	4	9
A	4	26	36	163	114
C	620	123	65	452	15
F	381	81	24	206	56
	1.005	230	125	821	185

	45	46	47	48
A	105	88	84	74
C	118	104	89	68
F	205	144	107	141
	428	336	280	283

Roches de Finlande.

N	49	50	51	68	69	70	71	72	73
F									
9	143	157	172	100	146	45	155	142	118
—	4	3	1	4	1	66	3	4	6
.0	72	39	10	26	5	124	105	75	41
.5	25	24	9	29	9	101	75	45	40
.5	1	—	1	—	—	9	—	1	1
.1	71	60	54	17	34	469	181	226	71
.0	47	75	87	24	51	0	38	31	38
.0	26	16	19	27	54	1	41	5	31
.9									

9
4 - C - F, non réduites à 100.

Mauritanie.

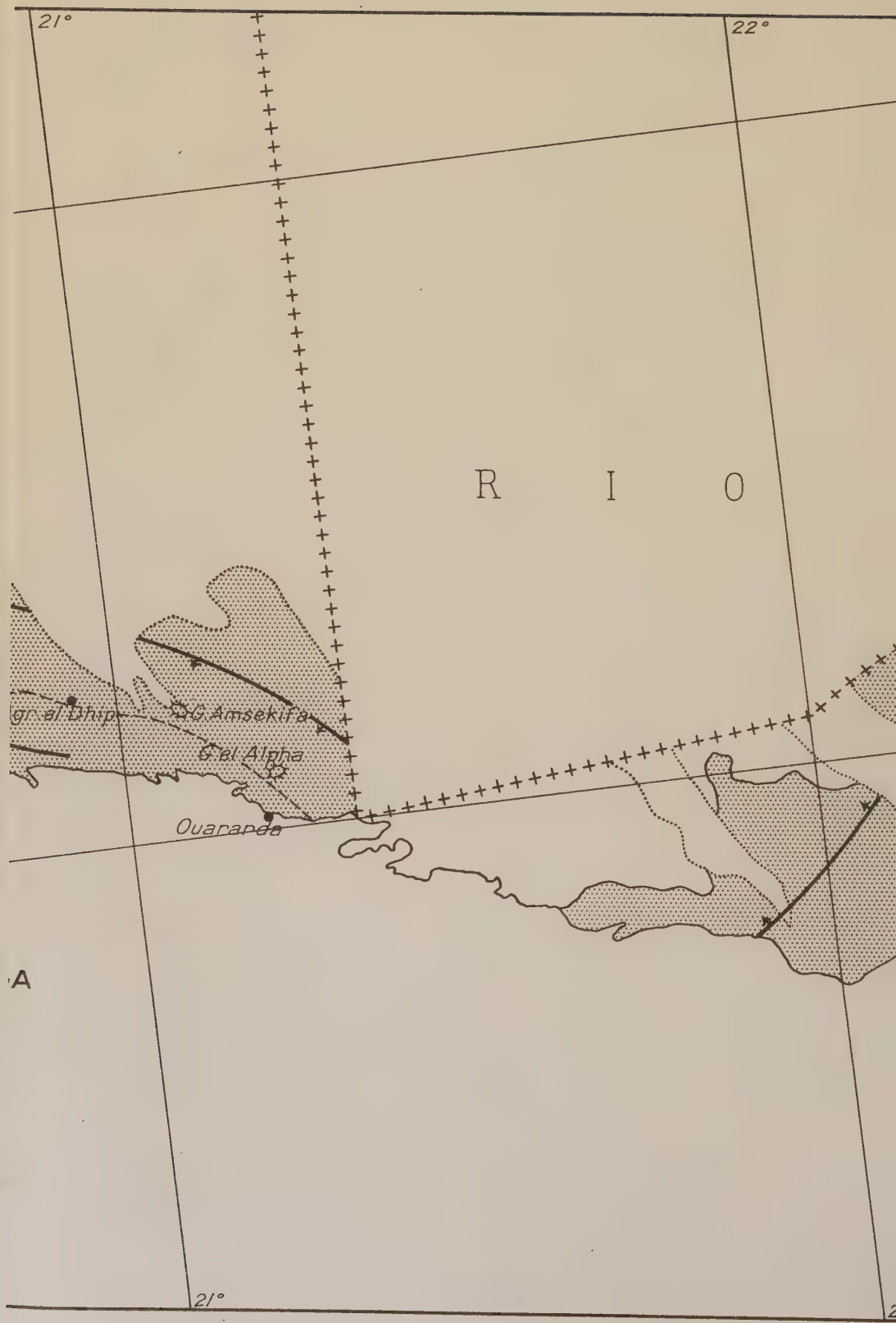
8	10	11	12	13	17	18	19	20	21	22	23	24
.2	62	78	83	64	90	53	54	26	117	65	159	102
—	32	36	20	29	66	64	29	64	99	46	103	68
.8	23	20	15	22	26	35	29	63	65	40	117	97
—	117	134	118	115	182	152	112	153	281	151	379	267

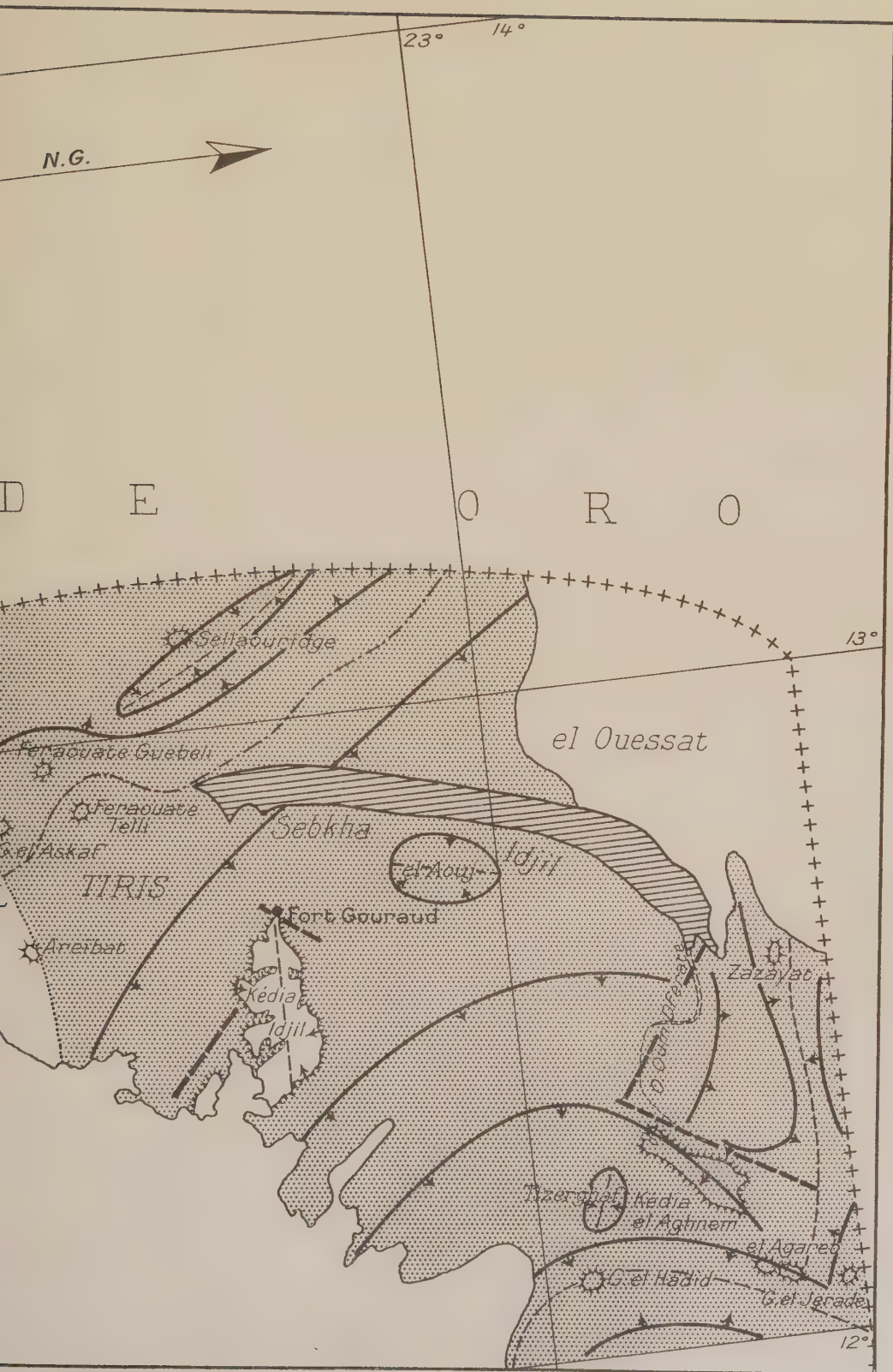
Finlande.

—	49	50	51	68	69	70	71	72	73
—									
—	74	69	67	53	42	110	79	110	55
—	71	60	54	17	34	469	181	226	71
—	98	63	20	55	14	234	180	121	82
—	243	192	141	125	90	813	440	457	208



1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100





•

—

五

1

1

6

1

1

F

1

1

—

Tectonique de la Série de l'Amsaga

Toute la Série de l'Amsaga a été affectée par un important cycle orogénique qui l'a redressée parfois jusqu'à la verticale ; la moyenne des pendages est d'environ 60 grades. Après une étude cartographique au 200.000, il est évidemment impossible d'entrer dans le détail de cette tectonique, dont la complexité sera montrée plus loin dans le cas particulier de la koedia Idjil. Cependant, de grandes lignes se dégagent de cette reconnaissance géologique. On se trouve en présence d'une tectonique large, donnant des plis allongés en longues rides.

Dans l'Amsaga, la direction générale de ces accidents est SO-NE ; dans la partie méridionale du Tiris, elle s'infléchit pour devenir SE-NO.

Dans l'Amsaga, de l'ouest vers l'est, il semble que l'on puisse mettre en évidence successivement :

- un synclinal dont la partie sud serait recouverte en discordance par la Série d'Akjoujt et qui s'ennoierait au nord, sous les dunes de l'Akchar. Son axe passerait à proximité de Tidjaraten et de la daya ould Amar ;
- un anticlinal dans la région de l'Adam Tamat ;
- un synclinal dont l'axe passerait à peu près par Iguerch et « el Achié el Dayet » (Dayas Daghna, Zellaga, Mochiaf...) ;
- un grand anticlinal approximativement axé sur Kalla, Aidgati, Agmimitat, Touyerma.

Ces deux derniers accidents se compliqueraient vers le nord, où semblent apparaître :

- deux anticlinaux séparés par un petit synclinal dans le massif de collines de Bou Khzama, Mou Khzama et de Gleibat el Hadej ;
- un synclinal important dont le cœur s'allongerait dans la région de la daya Bijjererna, des oglats de Menat Bou Garn, de el Mokhanze, d'Agrou el Dhib...

La plus grande partie du Tiris paraît occupée par deux grands accidents :

- un anticlinal dont l'axe orienté SE-NO passerait entre guelb el Askaff et el Areibat, à proximité de Feraouate et au nord de Sellaouridge, où il se compliquerait localement d'un repli synclinal ;
- un synclinal complexe dont le cœur serait aux abords de el Agareb et de guelb el Haddid ; il serait compliqué d'autres petits synclinaux secondaires, dont le principal serait celui de la koedia Idjil, axé d'est en ouest.

Toute cette tectonique se complique brusquement vers le nord, au-delà de l'oued Oum Dferate, dont la vallée semble jalonner un important accident tectonique. Les gneiss roses, pauvres en biotite, orientés subméridiennement, qui s'étendent au sud de cet oued, viennent butter sans transition contre des gneiss blancs, riches en biotite, de faciès très différent, disposés sensiblement est-ouest et pendant vers le nord pour amorcer un synclinal dont l'axe passerait par Zazayat et au sud de guelb el Jerade. Ce contact anormal est jalonné par des mylonites et par des migmatites qui sont peut-être en relation avec cet accident. J'interprète cette anomalie par une vaste torsion des rides précédemment décrites, torsion dont la charnière située dans la région de guelb Jerade serait masquée par les recouvrements récents de el Ouessat et qui passerait à un pli-faille, visible sur la face ouest de la koedia el Aghnem dont la masse aurait peut-être joué le rôle de buttoir.

Toute cette tectonique se trouve schématisée dans la planche A, où sont indiquées les grandes lignes orogéniques de la Série de l'Amsaga.

Contact de la Série de l'Amsaga et du Primaire

Le contact des différents schistes cristallins de la Série de l'Amsaga avec les grès rattachés au Primaire, est bien visible tout le long de la falaise de l'Adrar, d'Aouïnet Tellachit jusqu'à Char : la base de la falaise est formée par les gneiss et, seul, le sommet est constitué par les roches subhorizontales de la base du Primaire.

A Ferankhar et à l'entrée de la passe de l'oued Seguelil, ce sont des mylonites très chloriteuses, d'origine indéterminales, qui sont recouvertes par des grès blancs subhorizontaux à l'intérieur desquels on rencontre localement une passée conglomératique ; mais le contact grès-mylonite est direct ; à Tiderez, ce sont les gneiss à sillimanite et cordiérite qui forment le pied de la falaise de l'Adrar. La discordance est marquée par un grès bien consolidé, vert, à taches rouille auquel Th. MONOD a donné le nom bien descriptif de « grès malachite » [72]. En plaque mince, ce grès se montre composé de grains de quartz pris dans un ciment chloriteux ; la chlorite la plus abondante est presque incolore et voisine avec une chlorite d'un vert bouteille très prononcé. Ce n'est qu'après une dizaine de mètres de cette roche que l'on rencontre un conglomérat à galets de quartz, de la grosseur d'un œuf de poule, et à ciment chloriteux. Ce conglomérat est concordant, là aussi, avec les grès qui lui sont inférieurs et avec ceux qui le surmontent. Il ne souligne donc pas la fin d'un cycle de sédimentation, ainsi que F. JACQUET le pensait [33], mais seulement une modification des conditions de sédimentation, les dépôts étant devenus plus littoraux ; ce n'est pas là, à mon avis, comme à celui de Th. MONOD [71], qu'un conglomérat intraformationnel.

Plus au nord, dans la région de Tinterazi, c'est le contact du Cambrien sur les gneiss à biotite qui a été observé. Là, il est jalonné par un conglomérat contenant des feldspaths dans la pâte (arkose grossière), qui disparaît au sud et au nord sous les éboulis mais qui doit être localisé. Des grès-quartzites rose pâle surmontent ce conglomérat.

A Mjehida, les grès quartzites, à recristallisation assez poussée dans ce cas, se chargent, vers leur base, de galets de quartz et de quelques fragments ferrugineux et recouvrent en discordance des gneiss à tendance hypersthénique (gneiss à amphibole secondaire, à faciès malgachitique).

A Chbar, le conglomérat est également à la base des grès-quartzites et, en plus de galets de quartz, contient des galets de quartzites ferrugineux, fréquents cette fois, provenant des bancs de cette roche abondante dans cette partie du Tiris. Il ne constitue pas un horizon continu, mais un accident lenticulaire se coinçant vers le sud et vers le nord.

Des observations analogues sont possibles en de nombreux autres points de la falaise où les éboulis ne recouvrent pas la zone de contact : Amochkech, Chaïman, Ouararda, etc...

Ajoutons que chaque fois que les grès quartzites de l'Adrar reposent sur des roches feldspathiques, celles-ci, au contact, ne sont pas saines sur environ un mètre d'épaisseur : la roche est fréquemment friable, « pourrie », les feldspaths indéterminables en lames minces, la biotite transformée en cette singulière chlorite malachite. La surface de contact entre le Primaire de l'Adrar et la Série de l'Amsaga est donc une ancienne surface d'altération.

CHAPITRE IV

SERIE DE L'AMSAGA

Etude détaillée de la Koedia Idjil

La description des schistes cristallins constituant la Série de l'Amsaga sera complétée par une brève monographie de la koedia Idjil que j'ai été amené à étudier en détail (cf. carte hors texte). Cette étude montrera, d'une part, les problèmes particuliers soulevés par ce massif de collines, d'autre part, quel degré de complexité peut atteindre la tectonique de détail de la Série de l'Amsaga qui vient d'être décrite dans ses grandes lignes.

Les cartes publiées par JACQUET [33] et LEGOUX [48] indiquent dans le voisinage de Fort-Gouraud un contact entre la « Série métamorphique » et la Série cristalline des granitogneiss, et JACQUET [33, p. 6] rapproche la koedia Idjil de la Série d'Akjoujt.

Aussi, après la découverte de la discordance de la Série d'Akjoujt sur celle de l'Amsaga à Irarchen, la Direction fédérale des Mines me demanda d'examiner si rien d'analogue n'était observable dans la région de la koedia Idjil. Cette mission était justifiée également par l'existence de masses importantes d'oligiste connues aux abords immédiats de Fort-Gouraud, qui pouvaient devenir économiquement intéressantes.

La koedia Idjil est le plus important massif de collines de toute la région que j'ai étudiée ; il s'étend de Fort-Gouraud à une trentaine de kilomètres vers l'est et domine le rag avoisinant de parfois plus de 600 m. Ses pentes sont abruptes et elle est coupée de ravins à parois subverticales (Khneg) (Pl. VI, fig. 3-5) tandis que ses sommets sont mollement arrondis (Pl. VI, fig. 4). C'est un massif compact dont les falaises bleu noir, dominant les grands champs d'éboulis environnants, contrastent avec les pentes douces du Dhala el Amra, le « plateau rouge » (cf. carte hors texte). A l'est, l'Achoui est une dépression entourée de toute part de crêtes abruptes et ne communique avec la plaine que par l'étroit défilé de Tazadit.

Etude lithologique.

La koedia Idjil est composée essentiellement de quartzites ferrugineux et de brèche à ciment d'oligiste, avec quelques schistes et micaschistes. Le Dhala el Amra, « queue » sud ouest de la koedia, est formé de grès quartzites subhorizontaux primaires.

LES QUARTZITES FERRUGINEUX

Sur le pourtour de la koedia, se rencontrent des quartzites à limonite plus ou moins feuilletés, d'un type tout à fait banal. Mais deux types sont particuliers à la koedia : les quartzites rubanés et la brèche d'Idjil.

Les quartzites rubanés ont constitués par des lits violacés d'oxyde de fer, brillant sur les cassures, séparés par des lits de quartz blanc de même épaisseur. Ils sont parfois fortement plissotés (el Amariat) et les lits ferrugineux soulignent admirablement cette microtectonique.

En lame mince, la roche est constituée par une fine mosaïque de quartz, complètement recristallisé avec des traînées régulièrement orientée de magnétite associée à de l'oligiste.

Par fragmentation des lits de quartz, on passe progressivement à la « brèche d'Idjil », ainsi que l'a dénommée F. JACQUET [32] : des fragments anguleux de quartz blanc et de quartzites rubanés de toutes tailles sont noyés dans une pâte d'oligiste. Il n'y a pas d'orientation de ces fragments qui sont disposés sans ordre apparent ; d'autre part, des morceaux de roches très diverses (quartz, quartzites largement rubanés, quartzites finement rubanés...) voisinent très étroitement, ainsi que le montre la photo 3 Pl. II ; il n'y a donc pas eu éclatement d'une roche préexistante avec écartement des fragments qui pourraient être rapprochés, par l'esprit, à la manière d'un puzzle. Parfois, dans les endroits bien localisés, ce ciment contient également des galets arrondis de quartzite micacé provenant du pourtour de la koedia.

En lames minces, la composition de la brèche d'Idjil rappelle beaucoup celle des quartzites précédents sans que l'on puisse mettre en évidence des traces de tectonisation.

LES SCHISTES

Sur le pourtour de la koedia (Oum el Hbel, Tazadit) s'observent des micaschistes typiques à deux micas passant parfois à des chloritoschistes.

Ces chloritoschistes forment la totalité de la dépression de l'Achoui. Des types de transition latérale existent également entre ces micaschistes et les quartzites micacés (paillettes de muscovite), parfois grenatifères observables sur le pourtour de la koedia (Khneg Takant).

LES GRES PALEOZOIQUES DU DHALA EL AMRA

Ils sont constitués de façon très homogène de grès quartzites blancs ou roses, subhorizontaux, d'une trentaine de mètres de puissance. Ce sont des grès essentiellement siliceux dont le grain atteint parfois la taille d'une tête d'épingle, rarement celle d'un pois. Ces grès reposent directement en discordance sur les quartzites à oligiste et c'est à la base de la série gréseuse que l'on rencontre les roches à éléments plus grossiers. Cette description est celle du type courant des grès quartzites de la falaise cambrienne à laquelle le Dhal el Amra se rattache par l'intermédiaire du gueb el Azerag.

INTRUSIONS

Des filons de quartz stérile de faible importance percent ces roches notamment dans l'Achoui et surtout dans la région de Fderik où ils sont en liaison avec des pegmatites à oligoclase, muscovite et tourmaline.

Quelques roches basiques (gabbro complètement ouralitisé) se rencontrent parmi les schistes de l'Achoui.

Structure de la koedia Idjil

STRUCTURE GENERALE

La koedia est essentiellement un synclinal axé d'est en ouest. Le pendages sont toujours forts et varient de 50 gr à la verticale (Pl. VI, fig. 3). Le cœur de ce synclinal est occupé par la brèche d'Idjil dont la zone d'affleurement a une forme grossièrement piriforme, la partie pointue étant à proximité de la « Montagne de fer », la partie élargie dominant les dépressions de l'Achoui et de el Releza. La brèche est bordée par les quartzites rubanés, puis vient un ensemble de quartzites et schistes dont les coupes suivantes montrent la complexité :

1° coupe au défilé de Tazadit ;

2° coupe à l'ouest immédiat d'Oum el Hbel ;

De haut en bas :

— brèche d'Idjil et quartzites rubanés.	
— quartzites pauvres en hématite à débit prismatique	300 m
— séricitoschistes et micaschistes à muscovite	50
— quartzophyllades ferrugineuses	15
— chloritoschistes à séricite et grenais	20
— quartzophyllades à limonite	20
— séricitoschistes à muscovite	20
— quartzites à hématite	4
— micaschistes à muscovite	12
— quartzites à hématite	...

COUPE AU DEFILE DE TAZADIT

Du centre vers le pourtour (d'ouest en est) : Brèche d'Idjil.

Dépression de l'Achoui :

— schistes chloriteux	800 m
— quartzschistes parfois ferrugineux.....	50
— schistes violacés	50

Hassi Tazadit :

— Schistes sériciteux, ardoisiers ou grès avec minces passées de quartzites à limonite	50
--	----

Aïn el Bir :

— quartzites rubanés formant crête	300
— schistes chloriteux, localement micaschistes	250
— quartzites micacés	50
— quartzites ferrugineux	100
— quartzites micacés	20
— quartzites ferrugineux en plaquettes	40

Khneg Takant :

— quartzites micacés avec passées schisteuses	100
— quartzites ferrugineux en plaquettes	20
— quartzites micacés avec passées de schistes chloriteux	50
— quartzites ferrugineux (2 ^e crête)	400
— quartzites légèrement micacés	40
— quartzites à limonite	80
— quartzites légèrement micacés	100
— quartzites dont certains bancs ferrugineux	80

Grara Tazadit :

— recouvrements récents.

Pendage moyen : 50° vers l'ouest.

Vers le sud-est, ce synclinal est recouvert transgressivement et directement par les grès du Dhala el Amra. La discordance est bien visible sur tout le pourtour du Dhala el Amra et particulièrement entre Dakhlet el Faa et la Batha Atila.

Il est vraisemblable que la transgression n'a recouvert que partiellement la koédia et c'est pourquoi l'on voit les collines de Dakhlet el Faa et de guelb el Hadej auréolées de grès alors que leurs sommets en sont dépourvus.

JACQUET [33] pensait que cette transgression était marquée, au moins localement, par le conglomérat à galets de quartzites ou de brèche dont la taille atteint fréquemment celle d'une tête de chameau, bien visible à l'entrée du ravin d'Oum el Hbel et près de Chig (pl. VI, fig. 1-2).

L'observation plus attentive de ce conglomérat montre qu'il ne s'agit pas d'un faciès de base mais d'un faciès latéral et on peut voir le passage des grès au conglomérat entre Chig et Oum el Hbel. En ce dernier point, des récurrences gréseuses, de un mètre environ de puissance sur une dizaine de mètres d'extension, interstratifiées dans le conglomérat sont également observables. Il y a donc lieu de considérer le conglomérat d'Oum el Hbel comme une plage à galets fossile marquant la limite de la transgression cambrienne autour de la koedia.

NATURE DE LA BRECHE D'IDJIL

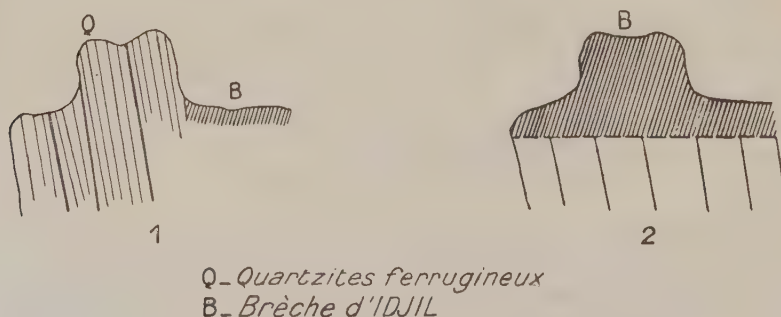
La structure de la koedia Idjil conduit à estimer la puissance de cette brèche à environ 3.000 m, ce qui est considérable pour une telle formation. Elle occupe cependant tout le centre de la koedia dont elle forme les sommets moutonnés ; elle est si compacte qu'on ne peut y déceler de pendages ou de directions tectoniques (pl. VI, fig. 4-5).

Au-dessus de la Guelta de el Amariat, les quartzites rubanés montrent de nombreux aspects de microtectonique : petits plis, microfailles, etc... et donnent ainsi une sorte de passage progressif à la brèche. Dans la même région se rencontrent également, au milieu de la brèche, mais près des quartzites (une centaine de mètres), des récurrences du faciès rubané constituées par des bandes de cette roche de quelques décimètres de puissance et de quelques mètres (jusqu'à cinquante) de largeur. La bordure de ces bandes, assez nettement tranchée, est parallèle à la ligne du contact général brèche-quartzite.

Cette observation infirme l'hypothèse émise sur place par G. ARNAUD suivant laquelle la brèche d'Idjil serait un faciès d'altération posttectonique des roches sous-jacentes, hypothèse qui lui aurait donné une épaisseur beaucoup plus faible. A l'encontre également de cette façon de voir, signalons que quand la surface topographique des quartzites est supérieure à celle de la brèche, comme c'est par exemple le cas à l'ouest d'Oum el Hbel, ces quartzites sont bien francs et ne présentent aucune trace de faciès brêchoïdes. Si l'hypothèse de l'horizontalité de la brèche était exacte, les sommets de ces bancs de quartzites devraient être formés de brèche jusqu'au niveau de la surface d'altération (fig. 27).

F. JACQUET [32] pendait à une origine volcanique de la brèche d'Idjil. La présence de galets arrondis, l'absence de matière vitreuse dans cette roche et de toute trace d'appareil volcanique dans la koedia font rejeter l'opinion de JACQUET.

L'étendue, la puissance, la forme grossièrement ovoïde de l'affleurement de cette brèche le fait que ses éléments ne sont pas jointifs et qu'ils ne présentent, le plus souvent eux-mêmes



1 - Ce qu'on observe à Oum el HBEL

2 - Ce qu'on devrait observer si la brèche était un produit d'altération post-tectonique

Fig: 27

aucune trace de broyage ou de laminage donnent à penser qu'il ne s'agit pas là d'une brèche tectonique.

S'il s'agissait d'une brèche sédimentaire d'origine marine et correspondant à la solidification de dépôts de plage, les éléments de la brèche seraient tous arrondis, ce qui est loin d'être le cas.

Je n'ai jamais eu l'occasion d'observer de tillite caractérisée et pour avoir une opinion sur ces formations, je me suis référé aux descriptions détaillées, accompagnées de photographies très expressives que DU TOIT [89] a donné des tillites d'Afrique du Sud où elles sont abondantes et bien étudiées. La brèche d'Idjil diffère notablement de ces formations glaciaires métamorphisées : les éléments de la roche de Fort-Gouraud, quoique de tailles très diverses, n'atteignent que rarement le décimètre et jamais on n'y observe les « boulders » toujours présents dans les tillites d'Afrique du Sud ; sont également absents de la brèche d'Idjil les éléments à facettes striées qui sont le plus sûr critère d'une origine glaciaire ; les tillites décrites par les géologues sud-africains ont assez souvent une apparence grossièrement et irrégulièrement stratifiées, avec des « joints », alors que la brèche d'Idjil forme, au contraire, un bloc massif ; enfin, jamais il n'a été observé de surfaces moutonnées dans les quartzites sous-jacents qui, au contraire, montrent localement des termes de passage progressif à la brèche, ce qui est incompatible avec le dépôt d'une moraine sur un substrat qui lui est nécessairement indépendant.

L'explication qui consisterait à considérer cette formation comme le produit du métamorphisme d'éboulis ou de produits d'altération des couches sous-jacentes — ce qui serait le cas d'un rag de dissociation — est rendue peu plausible par la puissance considérable de cette brèche.

D'autre part, la diversité des fragments en contact qui ne peuvent être rapprochés pour reconstituer un ensemble original, ne permet pas d'appliquer à la brèche d'Idjil la théorie de la genèse de certaines brèches par « intrusion et éclatement » exposée par GIGNOUX et AVNIMELECH [22].

M. WEPPE a attiré mon attention sur les nombreuses similitudes qu'offrait la brèche d'Idjil (forme ovoïde de l'affleurement, disposition des éléments, présence de bandes résiduelles des formations encaissantes non loin de leur contact avec la brèche) avec les « pipes bréchi-ques » qu'ont décrits plusieurs auteurs américains et que lui-même a étudiées à Puy-les-Vignes (thèse Nancy - Bull. géol., Appl. Prosp. Min. 1950). Dans une publication commune [9] nous avons indiqué que là résidait peut-être l'explication de la genèse de cette si étrange brèche d'Idjil.

Cette hypothèse rendrait également bien compte de la disparition brutale, dans la région de l'Achoui-el-Ekal, des chloritoschistes qui forment la dépression de l'Achoui-el-Abiod et dont la puissance dépasse 1000 m.

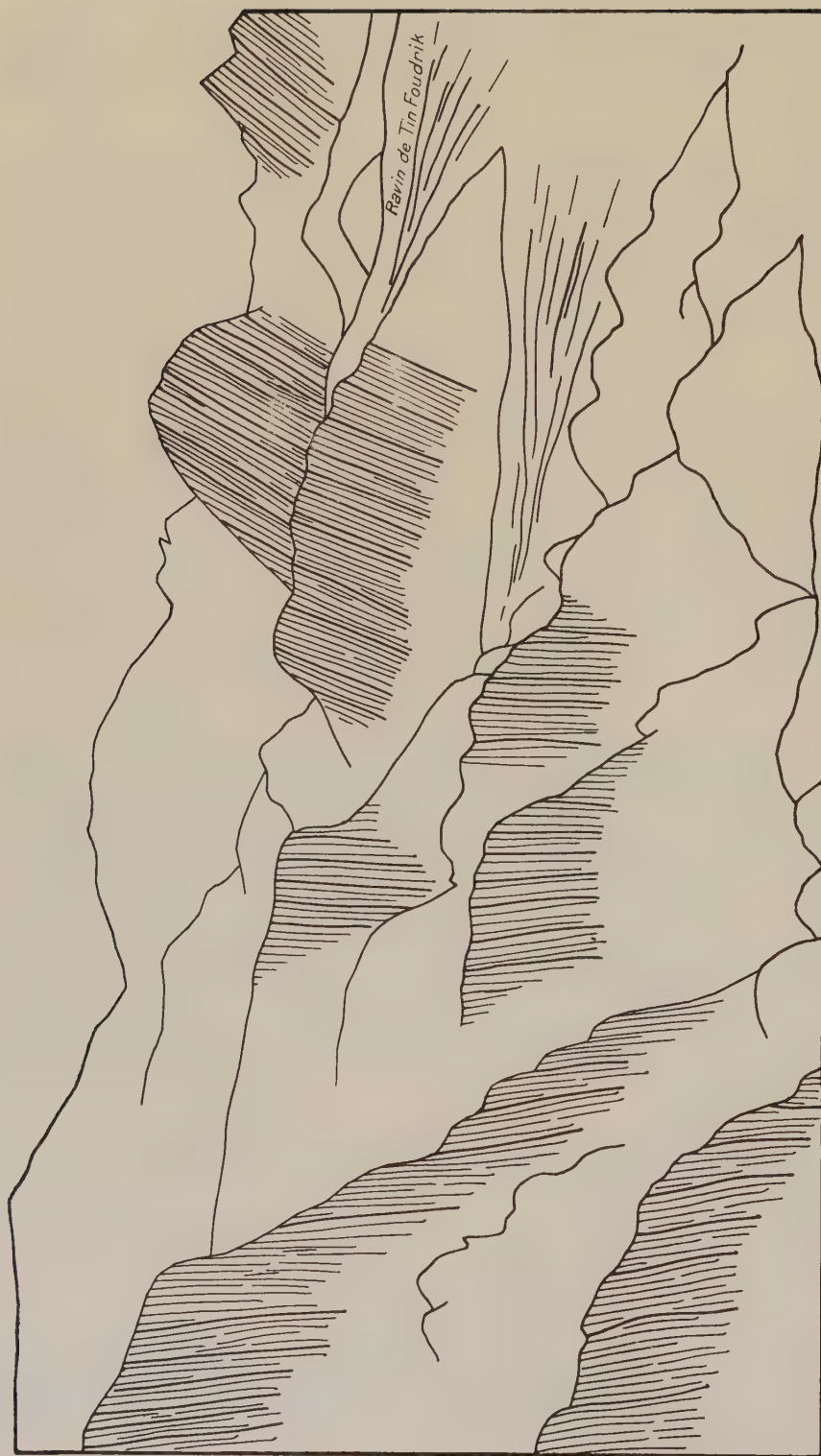
Ces schistes disparaissent, en quelques dizaines de mètres, au contact de quartzites bréchoïdes très ferrugineux où ils « s'effiloquent » en formant des traînées tourmentées ou des placages redressés à la verticale ; on n'en retrouve trace nulle part ailleurs ; ils auraient disparu dans l'effondrement du « pipe ».

TERMINAISON OCCIDENTALE DE LA KOEDIA

L'extrémité ouest de la koédia Idjil proprement dite serait celle d'un synclinal pincé, faillé. Ce pincement, redressant à la verticale les couches du milieu du massif (fig. 28), se marquerait, à l'échelle plus réduite, dans les roches qui, à l'ouest de Tin-Foudrik, sont fortement broyées et se débitent au marteau suivant de petits prismes.

Un peu plus à l'ouest, à la hauteur de la « Montagne de fer », l'extrémité occidentale du synclinal d'Idjil est compliquée par un pli faille accompagné de l'effondrement de la partie orientale de la koédia. Cet effondrement serait également souligné par une ligne de fracture parallèle au bord sud de la koédia, marquée par des mylonites à hématite que l'on peut observer à la Grara-Sidi-Baba (1).

(1) Cet effondrement de la koédia a déjà été signalé (voir mes rapports 1946-1949, Arch. Dir. Mines A.O.F. Dakar) avant que j'aie connaissance de la théorie des « pipes d'effondrement ». Cette étude tectonique confirme donc l'explication de la genèse de la Brèche d'Idjil proposée par WEPPE et moi-même.



Croquis pris depuis le sommet de la Montagne de Fer

Les "joints" de certaines couches de quartzites montrent la disposition en synclinal pincé de la terminaison occidentale de la Kedja

Fig: 28

Ces mylonites sont des roches d'un rouge vif, assez denses et compactes. Leur cassure montre soit une texture oëillée, soit une texture bréchoïde. Le premier type, bien lité, montre de fines couches de petits cristaux noirs non déterminables macroscopiquement enserrant des chapelets d'amandes rose vif. Ces amygdales sont formées d'un agrégat de petits cristaux.

En lames minces, ces roches se montrent être des granites calcoalcalins, écrasés, laminés à biotite chloritisée. Le deuxième type a subi des efforts plus violents ; macroscopiquement, on ne reconnaît plus aucun arrangement des minéraux ; dans un fond brun violacé d'oxyde de fer, s'étendent des plages roses ou rouges plus ou moins grandes, dans lesquelles sont répartis irrégulièrement des nids de quartz vitreux, des filonnets d'oxyde de fer ou de silice, parfois même des cristaux de sidérose. L'étude au microscope est rendue difficile par les oxydes de fer (magnétite et surtout limonite qui prédomine) qui imprègnent toutes les préparations et englobent les autres minéraux : quartz brisé, parfois recristallisé, microcline, plagioclases très altérés et non déterminables.

La structure est celle d'une roche broyée avec des traces insignifiantes de recristallisation.

Enfin, au nord de l'arête rocheuse qui surplombe le jardin de Fort-Gouraud et à Toumba Atomaye, cette tectonique se résoud en un système de plis en écaillés qui s'atténuent progressivement pour rejoindre la tectonique plus large du reste du Tiris.

La série de coupes et de schémas qui accompagnent la carte géologique de la koedia d'Idjil, rendra explicite cette structure, qui montre à quel point peut être complexe, dans le détail, la tectonique de la série de schistes cristallins.

Gisement de fer de la koédia.

Le plus important est celui de la « Montagne de fer » au voisinage immédiat du jardin de Fort-Gouraud. GOURAUD [25], et son adjoint le Capitaine DUPERTUIS (Cité par CHUDEAU [15] qui a étudié les échantillons recueillis par cet officier), qui furent les premiers Européens à atteindre la koedia Idjil (1909), ne semblent pas l'avoir remarqué. SEGAUD [87] serait le premier à l'avoir mentionné et indique, sans préciser ses sources, « qu'une information récente (1934) se rapporte à Idjil où le poste, actuellement en cours d'achèvement, serait construit avec des moëllons de minerai de fer extraits de la koédia » [6].

C'est une colline de plus de 500 m d'altitude relative, constituée par des lentilles d'oligiste presque pur, encaissées par des quartzites ferrugineux, localement rubanés ou bréchoïdes.

Voici les résultats d'une analyse faite à la Direction Fédérale des Mines de l'A.O.F. sur un échantillon ramassé à la main, sans choix préalable :

N° 74

— oxyde ferrique	94,52
— oxyde ferreux	2,71
— oxyde de manganèse	0,03
— alumine	0,19
— silice	1,18
— CO ₂	1,00
— vanadium	absence
— chrome	absence
— oxyde de titane	0,03
— soufre	0,04
— anhydride phosphorique	0,24
— cuivre	0,04
— plomb	0,015
— zinc	absence
— arsenic, chaux, magnésie	absence
99,995 (1)	

(1) De plus, les analyses faites par la Bethlehem Steel Cy. [92] montrent une teneur de 1,5 g d'or à la tonne et que les quartzites ferrugineux contiendraient de 30 à 45 % de fer. Les nombreuses analyses faites par cette société, après un échantillonnage systématique du gisement, donnent, pour le minerai, une teneur de 65 à 69 % en fer, ce qui confirme l'analyse ci-dessus.

De telles teneurs ont suscité des espoirs et en 1948-49, une étude géologique détaillée de la terminaison ouest de la koédia fut faite par une société privée (S.F.E.M.) pour le compte de la BETHLEHEM STEEL CV, pour essayer d'estimer ce gisement.

Des gisements de nature analogue ont été notés par MM. ARNAUD, NELTER et moi-même, dans la brèche d'Idjil à la guelta el Dhal (en amont d'Oum el Hbel), au sud de el Amariat et dans la région de Tazadit où un banc de quartzites à forte concentration d'oligiste se suit entre les quartzites rubanés, du défilé de Tazadit jusqu'en face des Gleibat Ghizareunt, la partie de ce dernier gisement semblant la plus riche serait comprise entre l'abrupt nord de la koédia et la dernière partie de l'oued qui se déverse à Ain el Bir. Les quelques résultats d'analyses ci-après faites sur des échantillons choisis à la main, donneront une idée de la composition de ces minerais :

Galets provenant de l'oued Tazadit (1) :

	N° 75	
— silice	0,77	
— alumine	0,37	
— Fe_2O_3	96,3	Fe = 67,4 %
— Mn_3O_4	0,54	
— chaux	traces	
— magnésie	traces	
— soufre	0,85	
— P_2O_5	0,23	P = 0,1 %
— perte au feu	0,44	
	99,50	

Quartzites ferrugineux (2) :

	N° 76 Guelta el Dhal	N° 77 Passe de Tazadit	N° 78 Ain el Bir
— insoluble siliceux	1,5	45,7	8,4
— Fe %	65,7	36,3	58,0
— Fe_2O_3	94	52	83

Un échantillon provenant d'Ain el Bir, examiné en section polie, montre que le minerai est bien homogène : il est formé d'oligiste d'origine secondaire provenant de l'altération de magnétite dont on retrouve quelques cristaux entourés d'alignements d'oligiste. Ce remplacement et cette structure expliquent la difficulté rencontrée au polissage. Un peu de limonite se trouve dans les fissures.

L'examen rapide de ces différents gisements montre qu'il s'agit de concentrations lenticulaires d'hématite dans les bancs de quartzites ferrugineux situés dans les zones de plissements intenses, de broyage, ou sur les lignes de faille⁽³⁾. H. M. WARTON, géologue de la S.F.E.M., qui a fait la même remarque [92], pense que ces zones fracturées ont été favorables à la descente des solutions et qu'il y a eu enrichissement de fer *per descensum* ; la recristallisation du minerai et des roches encaissantes aurait été postérieure à ce processus de minéralisation. A l'appui de cette hypothèse, H. M. WARTON signale, dans le gîte ouest, des inclusions « d'itabirite non remplacée ». N'ayant pas étudié ces gisements avec assez de détails, je ne puis discuter cette hypothèse ; je me contenterai, d'une part, d'insister sur le fait qu'elle suppose l'existence de zones fracturées — et par conséquent d'une tectonique — antérieurement

(1) Analyse due à M. ROSE, Chimiste de la Direction des Mines.

(2) Analyses dues à Mme MARTINET, Chimiste de la Direction fédérale des Mines.

(3) Cet enrichissement en fer dans les zones broyées a été également signalé dans les gisements du Lac Supérieur (DE LAUNAY) [56] et d'Afrique du Sud (Du Toit) [89].

au métamorphisme qui a affecté la koedia Idjil, et, d'autre part, de signaler que cette explication n'est pas sans rappeler celle que DE LAUNAY [56] a donnée des gisements du Lac Supérieur. Les concentrations ferrugineuses de la koedia Idjil offrent évidemment des analogies avec ceux-ci. Là également, on voit le minerai concentré en lentilles passant progressivement sur leurs bords à des « jaspilites », avec alternance de silice et d'hématite, parfois bréchiformes ou plissées — qui seraient l'équivalent de nos quartzites rubanés — ou à des « taconites » qui sont « généralement un agrégat de grains arrondis ou anguleux de silice, magnétite et altérations ferrifères diverses » qui correspondraient aux quartzites ferrugineux du pourtour de la koedia.

Le minerai de MARQUETTE forme des lentilles plissotées analogues à celles que l'on peut observer près de El Amariat.

A cette analogie morphologique doit correspondre une identité, tout au moins dans les grandes lignes, de mode de formation. Or, LINDGREN [64], résumant en 1933 les travaux parus depuis DE LAUNAY, montre que les seules eaux d'infiltration ont été incapables d'opérer le remplacement de la silice par le fer et de donner de telles concentrations d'hématite. L'hypothèse de H. M. WARTON est donc bien discutable. Et si, suivant l'expression de LINDGREN, le problème des gisements du lac Supérieur, amplement étudiés par de nombreux spécialistes, ne peut être regardé comme résolu, la question de l'origine de la « Montagne de fer », à plus forte raison, reste entière.

CHAPITRE V

LA SERIE D'AKJOUJT

Cette série, dans ce qu'elle a de plus typique, n'affleure très largement que dans un rayon de quarante kilomètres autour d'Akjoujt où elle constitue de nombreux massifs de collines n'excédant pas 250 m de hauteur de commandement (Atomaye), à topographie très compliquée, désignés par les indigènes sous le nom générique de « Jeuffe ». Vers le nord, dans la région d'Irarchen, elle recouvre en discordance la Série de l'Amsaga ; vers l'est et vers l'ouest, elle est masquée par des rags sableux ; vers le sud, les dunes de l'Amatlich la recouvrent, mais je rattache à la Série d'Akjoujt une série de pointements rocheux que l'on rencontre dans ces dunes ainsi que dans les rags et les aklés plus méridionaux et qui constituent notamment les massifs de collines d'Idjibiten et d'Araguen. Enfin, vers le nord-ouest, au-delà des dunes de l'Akchar, au Tijirit et au Tasiat, affleurent, épars au milieu de grands champs de roches granitiques ou basiques des pointements de chloritoschistes, de micaschistes, de quartzites, de cipolin, parfois même de gneiss que j'ai été amené, — on verra pourquoi quand ces roches seront décrites, — à rattacher à la Série d'Akjoujt.

La description de ces trois ensembles géographiques sera faite séparément.

LA SERIE D'AKJOUJT DANS L'INCHIRI

Ce qui différencie la Série d'Akjoujt de la Série de l'Amsaga, en plus de leur position stratigraphique respective, c'est leur degré de métamorphisme : aux schistes cristallins de l'Amsaga, présentant les signes d'un métamorphisme profond, s'opposent les schistes et phyllades des guelbs ou collines des environs d'Akjoujt. Ces schistes sont essentiellement chloriteux ou sériciteux ; leur métamorphisme peut, dans des conditions exceptionnelles, donner des micaschistes et des gneiss ; ils sont fréquemment interstratifiés avec des quartzites (Pl. VII, fig. 1-3, Pl. VIII, fig. 5). Localement, on rencontre également des roches vertes, traces d'anciennes intrusions basiques et quelques cipolins.

Les schistes.

Aux environs immédiats d'Akjoujt : collines du puits, à Legleïtat, à Irarchen, à Afodjan, etc... (Pl. VII, fig. 2-3), on a d'importants horizons de schistes verts chloriteux, dont la schistosité est confondue avec la direction tectonique. Le microscope y montre la composition classique des chloritoschistes : quartz et chlorite avec toujours un peu de séricite et un fond de limonite, parfois de la biotite en voie de chloritisation, de la zoïsite, quelques aiguilles d'amphibole. Localement (guelb Mohamed Mouloud), on peut voir dans ces schistes chloriteux, des alignements de petits cubes de limonite provenant de l'altération de magnétite ou de pyrite.

Dans ces schistes, la chlorite prédomine sur la séricite qui, toutefois, n'est jamais absente. Ce minéral devient à son tour dominant dans les « schistes argentés », qui forment la base des collines qui longent, au sud, la piste d'Atar à sa sortie d'Akjoujt (Pl. VII, fig. 1). Ces séricitoschistes se rencontrent également à Legleïtat (Pl. VIII, fig. 1), aux Gleïbat Ouled Akchar.

Les sommets d'Irarchen et d'Araguib sont formés de schistes chloriteux plus compacts dont la couleur rouille superficielle est due à une plus grande teneur en oxyde de fer ; ils sont vert sombre sur la cassure.

Les schistes ardoisiers sont beaucoup plus rares et ils ne forment que de minces bancs dans la région d'Afodjan et près de guelb Choeil.

Les schistes chloriteux de la région de K'Dayet el Joul, ont un aspect gaufré dû à l'érosion éolienne et ils font quelque peu effervescence à l'acide : ce sont des calcschistes chloriteux.

Dans les collines de Chouema, de Smeha, se rencontrent des schistes tendres, rouges ⁽¹⁾ tachant les doigts : ils contiennent de l'hématite pulvérulente.

Ces roches ne forment pas des niveaux continus et ne peuvent servir de niveaux repères contrairement à ce que je pensais initialement [3] pour constituer une échelle stratigraphique de la série d'Akjoujt.

Pour terminer cette description, voici deux analyses chimiques, effectuées par Madame MARTINET, l'une n° 79, d'un séricitoschiste de Legleïtat el Khader, l'autre n° 80, d'un chloritoschiste provenant d'un point situé à l'ouest de l'Atomaye et au sud de el Hareïche.

ANALYSES CHIMIQUES			NORMES AMERICAINES		
	79	80		79	80
SiO ₂	50,75	42,05	Q	9,60	1,44
Al ₂ O ₃	30,80	16,90	Or	11,12	8,90
Fe ₂ O ₃	1,75	2,70	Ab	44,01	4,19
FeO	1,05	13,80	An	3,89	5,84
MnO	traces	0,15	Cor	18,66	12,34
MgO	1,10	12,95	Mg SiO ₃	2,80	32,40
CaO	0,80	1,20	Fe SiO ₃	—	22,04
Na ₂ O	5,20	0,05	Ma	0,93	3,94
K ₂ O	2,00	0,15	Ilm	1,52	1,22
TiO ₂	0,80	0,60	He	1,12	—
H ₂ O+	4,65	9,50			
H ₂ O —	0,25	0,50			
TOTAL	99,25	100,55			

La quantité de corindon virtuel contenu dans ces roches est très grande et traduit une abondance d'alumine qu'on ne rencontre jamais dans les roches ignées. Le rapport $\frac{\text{al}}{\text{alk} + \text{c}}$ qui est

de 2,5 pour la roche 79 et 3,6 pour l'autre échantillon traduit également une grande quantité d'alumine non feldspathisable qui n'a jamais été signalée dans une roche ignée (ou dérivant d'une roche ignée). Ces schistes dériveraient donc d'anciennes argiles, et non de roches d'épanchement, métamorphisées dans l'épizone.

Une autre remarque concerne la teneur élevée en soude de l'échantillon 79 : il est possible qu'une partie du mica de ce schiste soit, en réalité, de la paragonite, voisinant avec de la séricite.

(1) Ces roches sont très prisées des Beïdanés qui s'en enduisent le pourtour des yeux pour prévenir ou soigner la conjonctivite.

Les paramètres de NIGGLI de ces deux roches sont les suivants :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
79	174	62,1	13,4	2,9	21,6	0,20	0,44
80	92	21,8	72,2	2,8	3,2	0,66	0,59

LES MICASCHISTES ET LES GNEISS

Ils sont très proches des schistes précédents avec lesquels, dans la région comprise entre Akjoujt et Aguelit Sidi, ils offrent tous les termes de passage. Ils en diffèrent par l'apparition de muscovite en larges paillettes, parfois de biotite dénotant un métamorphisme plus intense. Latéralement, ils passent à une série de gneiss. Je me contenterai de ne citer ici que pour mémoire ces deux groupes de roches, qui occupent une position très particulière. Car, en traitant ici, on risquerait de laisser croire que le degré de métamorphisme de la Série d'Akjoujt dépasse celui de l'épizone, alors qu'il ne s'agit là que d'une formation accidentelle (contact avec un granite postérieur). Leur description sera reprise en même temps que l'étude de l'horizon d'Aguelit Sidi.

Schistes, micaschistes et gneiss sont des roches tendres, résistant mal à l'érosion, affleurant sur les rags et qui ne constituent des collines que lorsqu'un banc de quartzites, formant crête, les a protégés.

Les quartzites.

Tous ces schistes alternent avec de nombreux bancs de quartzites souvent ferrugineux, parfois seulement sériciteux.

QUARTZITES FERRUGINEUX

Ils sont très semblables aux quartzites ferrugineux de la Série de l'Amsaga et ne s'en distinguent, pour le type courant, que par leur position stratigraphique.

En dehors des quartzites à limonite qui constituent les hauteurs d'Oumachouema, de Le-gleïtat, les petits dos d'âne d'Armenchika et de nombreuses autres collines, des quartzites à hématite rouge, plus compacts, plus denses (densité apparente : 3) que les précédents et visibles à Irarchen el Amra et Gleïbat Seheu, il est intéressant de citer quelques roches moins banales que ces types courants :

- les quartzites à magnétite de l'Arieriate, roches noires, de densité apparente : 3,2, agissant fortement sur la boussole. Comme ces collines sont situées dans une zone où (cf. p. 165) le métamorphisme a rejoué, il est possible que cette magnétite ne soit pas de formation primaire, mais provienne du métamorphisme des oxydes de fer préexistants ;
- les quartzites jaspoides que l'on rencontre à guelb Mousra el Lehouar et au centre du massif d'Irarchen, sont des roches à grain très fin, de belle couleur rouge vif, formant des lentilles dans les quartzites de type banal. Dans les sommets d'Afodjan, ils passent latéralement à des quartzites rubanés ;
- les quartzites à oligiste spéculaire forment, en particulier, les crêtes de Chouema, de Bou Zegrar et de Mjebira.

Ces roches, brun noir en surface, assez denses (densité apparente pour un échantillon provenant de Bou Zegrar : 3,2), se débitent suivant des plans où l'oligiste en grains fins forme des surfaces brillant d'un vif éclat métallique, résultant peut-être de la concentration par les circulations d'eau et de la recristallisation de l'oxyde de fer dans les plans de fissuration et de schistosité (1).

QUARTZITES NON FERRUGINEUX

Des quartzites séréciteux forment de petites arête surplombant le rag de cinq à dix mètres dans les régions de Roumde et de Gaïde. Ce sont des roches blanc crème, bien résistantes, à débit en plaquettes ; l'étude en lame mince montre leur étirement et l'alignement des paillettes de sérécite. Localement (Tourarine, Pl. VIII, fig. 3), ce minéral est pratiquement absent et le délit de la roche n'est plus marqué que par de minces et rares traînées de limonite ; parfois, on peut observer des petits grains de tourmaline. Des quartzites très blancs, avec quelques paillettes de muscovite, se rencontrent dans l'horizon d'Aguelt Sidi.

Les cipolins.

Ils avaient déjà été signalés par F. JACQUET [33] à l'ouest de l'Atomaye, où je les ai retrouvés.

Ils ne forment que des bancs de beaucoup moindre importance que les schistes et les quartzites. Ils sont blanc nacré, à cassure saccharoïde, et montrent des surfaces d'érosion chagrinées caractéristiques. Très localement (sud-ouest de guelb Moghreïn), la calcite s'associe à des oxydes de fer. Dans la Série d'Akjoujt s. s., ces cipolins ne contiennent pas d'autres minéraux que la calcite. Du diopside et de la phlogopite apparaissent dans les niveaux de cipolin de l'horizon d'Aguelt Sidi.

Les roches vertes.

Entre les bancs de schistes, on peut observer de petites lentilles de roches à grain fin, se débitant en éléments schisteux ou parfois en petits morceaux prismatiques, à cassure compacte. La surface altérée est ou rouillée ou gris verdâtre ; la couleur de la cassure varie du vert très pâle au noir franc. Macroscopiquement, on n'y reconnaît, le plus souvent, aucun minéral en dehors du quartz ; on y voit parfois de très fines aiguilles d'amphibole et des cristaux brillants de pyrite et de magnétite.

Ces loupes de roches vertes sont de trop faible étendue pour avoir pu être reproduites sur la carte au 500.000. Elles sont observables un peu partout, mais notamment sur les collines isolées au nord-ouest proche d'Irarchen, sur le versant est de ce massif, sur le rag au sud de la koedia de Tabrinkout, au guelb Raoui, sur les flancs du guelb Argoug el Asfar.

L'étude en lame mince montre en général une structure écrasée, nettement tectonisée, avec quelques feldspaths très altérés, non déterminables, subsistant dans un fond de chlorite en grandes plages avec de la calcite dans les interstices. Cependant, un échantillon provenant d'Argoug el Asfar montre encore une structure subophitique avec de la hornblende verte ; un plagioclase a pu même être déterminé comme étant de l'andésine ; ces minéraux sont contenus dans un fond de calcite riche en épidote et en pyrite. La tectonisation, là encore, est certaine et se manifeste notamment par des cassures des cristaux d'amphibole qui sont tordus et dans lesquels les feldspaths ont pénétré. Il s'agit d'épidiorites, dérivant de roches basiques intrusives dans la Série d'Akjoujt avant sa tectonisation.

(1) Miss FOWLER-LUNN [20] qui a discuté le mode de formation des quartzites à hématite des « schistes de Kambui » (Sierra Leone), pense qu'ils ont une origine sédimentaire et qu'ils ont subi un enrichissement secondaire avant leur tectonisation. Ces conclusions paraissent valables pour les quartzites ferrugineux de la Série d'Akjoujt que je considère d'ailleurs comme subcontemporains des schistes de Kambui rattachés à l'Akwapimien par M. ROQUES [86].

Coupe du ravin central débouchant sur la face sud de la Kîa TABRINKOUT

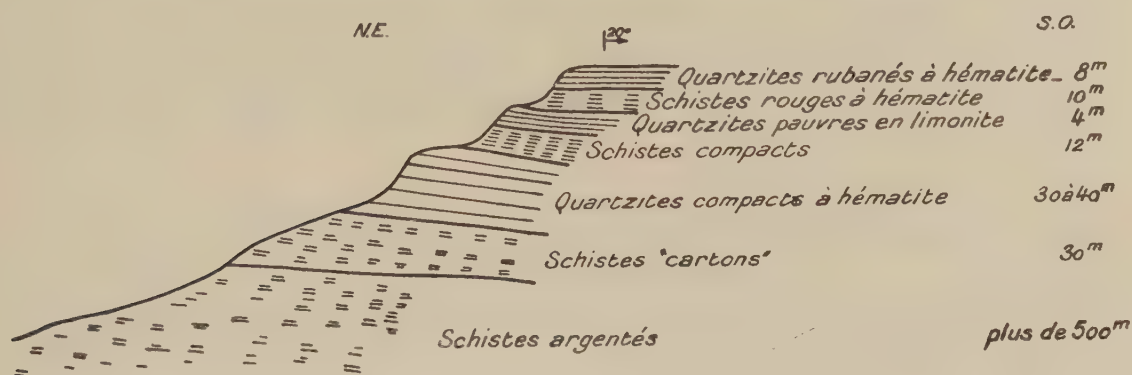
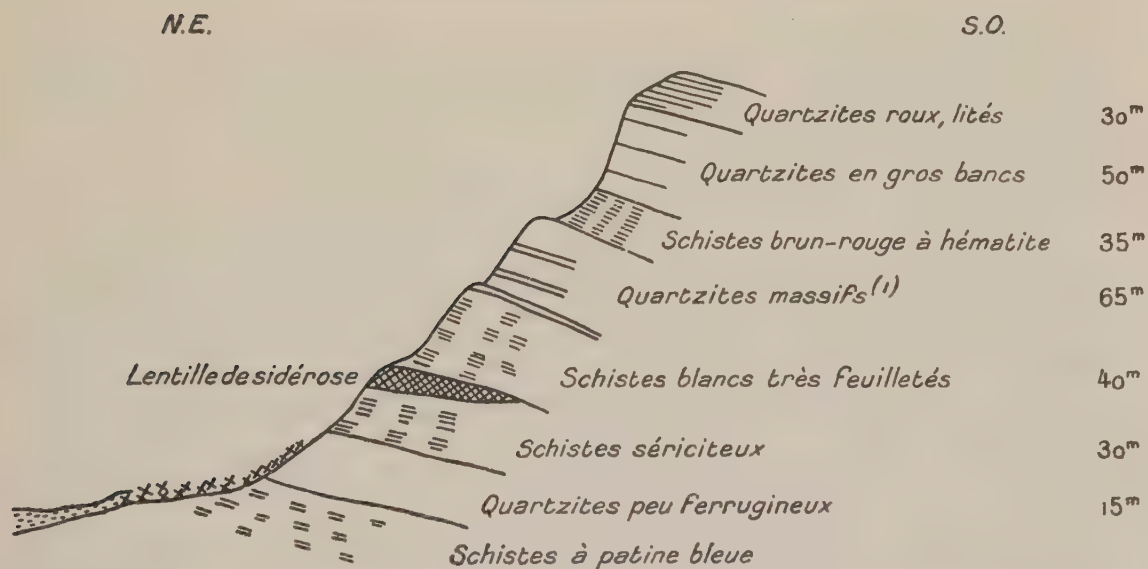


Fig:29

Coupe de la face occidentale de l'ATOMAYE



Détail de (1)

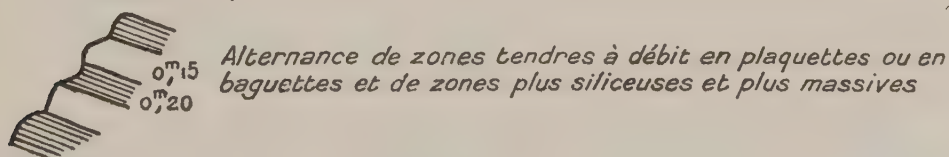


Fig:30

La monotonie des faciès de quartzites et de schistes et surtout l'absence de fond topographique détaillé et précis n'a pas permis l'établissement d'une échelle stratigraphique de la Série d'Akjoujt, dont la puissance est de plusieurs milliers de mètres, sans compter l'horizon terminal d'Aguel Sidi.

L'interstratification des différents faciès de quartzite et de schiste est très poussée, même dans le détail, ainsi qu'on pourra le voir sur les coupes ci-dessous, relevées à l'Atomaye et à la koedia Tabrinkout (fig. 29-30).

LA SERIE D'AKJOUJT AU SUD DE L'AMATLICH

Description pétrographique.

Les différents types lithologiques sont, là également, des schistes, des micaschistes, des quartzites, ferrugineux ou non, et des cipolins.

LES SCHISTES

On retrouve les mêmes types décrits plus haut : schistes ardoisiers au nord-ouest des Gleibat Lebkhani ; schistes à hématite dans ces collines et à Lefreïdi, chloristoschistes à M'Bétéa, schistes à séricite et tourmaline de Touama, etc...

LES MICASCHISTES

Ce sont eux qui constituent l'Adam Leufkari ; à l'Adam Legleïé, ils semblent en relation avec un petit pointement de granite mylonitisé (analogie avec Aguel Sidi), on les rencontre également dans la région de Touama. Seuls les types à muscovite ont été observés. Ils sont souvent très quartzifères et on passe insensiblement aux quartzites micacés.

QUARTZITE NON FERRUGINEUX

Ces quartzites très micacés, se débitant en fines plaquettes, sont associés aux micaschistes typiques à l'Adam Leufkari. Des types très micacés sont également observables aux Gleibat Kelb el Khlé, guelb el Hassen, aux Greyfiat ; aux Nouedgiat, la teneur en muscovite est moindre mais les quartzites constituant ces collines, contiennent de très nombreux lits de petits grenats.

Des types beaucoup plus quartziques affleurent abondamment aux Ioudlan, aux Zgemirat, sur les rags de Zemoulia, aux Gleibat Lebkhani (crêtes orientales) ; ils constituent également différentes petites arêtes rocheuses, ou « dhloa », plus au sud : dhloa Bou Goudré, dhloa el Maqra, etc...

Le quartz est l'élément largement dominant à côté d'un peu de séricite en traînées orientées. Les bancs que forme cette roche sont rarement compacts (Ioudlan sud) ; elle a le plus souvent tendance à se débiter en plaquettes assez épaisses et l'on a des quartzites schisteux à quartz en amandes lenticulaires (Guelb Dhaba) ceci est dû vraisemblablement à une tectonisation assez intense que l'on reconnaît en plaque mince où l'on voit les grains de quartz étirés, orientés, pris souvent dans une purée très fine (structure cataclastique). Cette tectonisation est soulignée dans les types à muscovite (guelb el Hassen) par les replis des lits de mica dont les clivages sont tordus.

Ce faciès de quartzites non ferrugineux est beaucoup plus développé que dans la Série d'Akjoujt s. s. ; il domine sur les formations schisteuses et indiquerait des conditions de dépôt moins profond.

QUARTZITES FERRUGINEUX

Ils sont du type banal et ne méritent aucune description spéciale. Ils forment les crêtes de Kaouat el Khadra, de Bou Tébib, et la chaîne occidentale des Gleibat Lebkhani; à Mjébira et à Aguel el Zargue, ils sont particulièrement riches en grandes lamelles plissotées d'oligiste. Enfin, je pense qu'il faut leur rattacher les quartzites ferrugineux des petits pointements, perdus dans les dunes, de la région de Tazra Huilit.

CIPOLINS

Des affleurements assez importants de ces roches ont été relevés entre Agouède es Srir et la Grara el Jnoun.

Ce sont des roches généralement claires, de couleur crème, plus rarement noir bleuté, et à amandes de calcite blanches ; les grenats sont fréquents, les mouches de pyroxène plus rares.

Relations entre la Série d'Akjoujt s.s. et les roches du sud de l'Amatlich.

L'identité de faciès lithologique et de degré de métamorphisme des principaux types. la présence de nombreux affleurements dans l'Amatlich, au sud de Rasseremdt, unissant les roches de l'Inchiri à celles plus méridionales (quartzites ferrugineux d'Aguel el Zargue, de Mjébira, schistes et quartzites des Kaouat, quartzites micacés des Gleibat Kelb et Khlé, etc...) ne laissent aucun doute quant à l'identification à la Série d'Akjoujt de la majeure partie des affleurements décrits ci-dessus.

J'avais toutefois primitivement pensé que beaucoup des quartzites peu micacés qui constituent notamment une grande partie des collines de l'Idjibiten, les Zgemirat, les Ioudlan, etc..., étaient peut-être à rattacher à la base du Cambrien de l'Adrar.

A la suite de sa tournée en Mauritanie, L. NELTNER (*in litt.*) me fit remarquer que ces roches différaient des quartzites types de l'Adrar, notamment par leur degré de tectonisation. A la suite d'une nouvelle tournée dans ces régions (faite en compagnie de M. MAGNAT, Ingénieur du BUMIFOM), de l'examen des échantillons récoltés plus à l'est par Th. MONOD, en 1949, je me suis rallié à l'opinion de L. NELTNER.

En effet, le degré de tectonisation mentionné plus haut de ces roches est incompatible avec celui des roches de l'Adrar, même quand elles sont localement plissées. En outre, elles sont plus recrystallisées et plus micacées que les grès-quartzites de la base du Cambrien. Enfin, elles sont interstratifiées avec des types : chloritoschistes, et notamment quartzites ferrugineux de Gleibat Lebkhani, qui sont inconnus dans le « Complexe de base » du Cambrien.

ROCHES DU TASIAST ET DU TIJIRIT RATTACHEES A LA SERIE D'AKJOUJT

Le Tijirit et la partie précambrienne du Tasiast sont essentiellement constitués par des granites et des roches basiques au milieu desquels ne subsistent que quelques minces résidus de quartzites, de schistes, de micaschistes et de gneiss dont j'ai été amené à rattacher la plus grande partie, sinon la totalité, à la Série d'Akjoujt.

Description pétrographique.

ENCLAVES DANS LES ROCHES BASIQUES

Ce sont des enclaves de très faibles étendues (quelques centaines de mètres) qui s'effilochent au milieu des roches basiques (gabbros et dolérites passant à des amphibolites) dans les régions

d'Inkebden, de Zehar, de Tin Dolim et à l'est des Tahamamet. Ces enclaves sont plus importantes dans la région comprise entre Liboïrat et guelb Legraa, où il a été possible, en février 1947, de relever la coupe suivante [3] :

— quartzites à hématite	plus de 200 m
— schistes sériciteux et chloriteux	?
— quartzites et schistes imprégnés d'amphibole	300 m
— schistes sériciteux	300 m
— quartzophyllades	500 m

Soit, au total, environ 1.500 m.

Le plus souvent, il s'agit de chloritoschistes typiques, rarement de séricitoschistes, ou de calcschistes (Tijeraj) ; localement, on observe des aiguilles d'amphibole abestiforme provenant vraisemblablement des roches basiques avoisinantes. La région de Tijeraj montre également la présence de quartzites en plaquettes, légèrement sériciteux, très identiques à ceux de l'Idjibiten, et de quartzites feuilletés à limonite.

Le point astronomique de Lebzenié est édifié sur une croupe de quartzites ferrugineux magnétiques.

ENCLAVES AU MILIEU DES GRANITES

Dans la région d'Adheïlet Ahmoud, un petit septum plus ou moins fragmenté est environné de toutes parts par le granite, tandis que la bordure occidentale de la grande enclave de Tiferchai-Souédiat est masquée par des recouvrements récents qui, de plus, ne permettent jamais d'observer le contact entre le granite et les roches enclavées. Par ce fait, la région d'Adheïlet Ahmoud est beaucoup plus riche en enseignement.

On y observe des chloritoschistes assez sériciteux, très typiques, rappelant en tous points ceux des environs immédiats d'Akjoujt ; puis la muscovite apparaît en lamelles isolées et l'on passe à des micaschistes à muscovite bien caractérisés (Pl. IX, fig. 2). Les types à biotite n'ont pas été observés. Certains échantillons sont compacts à l'affleurement, malgré de nombreux lits de muscovite ; ils sont en général très proches du massif granitique.

L'analyse d'un de ces micaschistes a donné les résultats suivants (analyste : H. BRUSSET) :

Composition chimique :	N° 81	Paramètres de NIGGLI :
SiO ₂	71,01	si = 381
Al ₂ O ₃	17,06	al = 54,2
Fe ₂ O ₃	0	fm = 22,9
FeO	2,66	c = 1,6
MgO	1,37	alk = 21,3
CaO	0,32	k = 0,51
Na ₂ O	2,01	mg = 0,48
K ₂ O	3,27	
TiO ₂	0,34	
H ₂ O	2,36	
	100,40	

L'analyse de cette roche montre que :



ce qui traduirait une origine sédimentaire. Ce fait est confirmé par la valeur du rapport

$\frac{\text{alk}}{\text{alk} + \text{c}} = 2,3$, qui indiquerait, d'après M. ROQUES, que la roche analysée dérive de sédiments [84].

Enfin, les feldspaths apparaissent parfois en rares yeux de petite taille, parfois en lits continus de plusieurs millimètres d'épaisseur. Tous les intermédiaires se rencontrent. Le granite affleure au contact des micaschistes ou des formes gneissiques, jamais à celui des chloritoschistes. Le voisinage de ce granite permet de considérer les formes micacées ou feldspathiques comme des roches de contact dérivant des chloritoschistes. Par la suite, seront décrits des phénomènes analogues, observés dans la région d'Aguel Sidi, dont certains faciès sont absolument identiques.

A Tiferchai-Souédiat, on ne rencontre plus de chloritoschistes mais seulement les formes micacées et feldspathiques, ces dernières étant les plus abondantes. Parmi les premières, certains types très riches en quartz (Souédiat-Nord) rappellent les quartzites micacés de Gleibat Kelb el Khlé. Des micaschistes à deux micas ont été également observés au sud de la daya el Khadra, à l'ouest de la grara el Mekké. Mais les roches prédominantes sont les gneiss à muscovite. Ces roches, toujours très altérées, affleurent mal, se débitent en baguettes ou en plaquettes irrégulières. La muscovite est extrêmement abondante et se dispose en lits d'aiguilles orientées ; les feldspaths sont en général peu nombreux et amygdalaires. Entre la daya el Khadra et Souédiat, il est possible d'observer le passage progressif des micaschistes à muscovite à ces gneiss, qui auraient donc une origine para, ce que confirme l'extrême abondance de muscovite.

Des gneiss plagioclasiques à biotite, chlorite et épidote ont été cartographiés dans le nord-est du Tasiast, notamment dans les régions d'Agada et le long du Khat Atoui ; ils ont été également retrouvés dans le Tijirit, au nord-est de Sattle Maguel et au sud de Gleibat el Foud. Ce sont des roches assez sombres, le plus souvent compactes, parfois grossièrement schisteuses ; les minéraux constitutants sont reconnaissables à la loupe ; l'épidote est éparse, en mouches vert pâle. Au microscope, on retrouve la texture orientée de ces roches, qui ont une composition et une structure assez particulières ; les feldspaths potassiques sont absents ; l'élément dominant est le plagioclase (parfois de l'oligoclase basique, plus souvent de l'andésine) très saussuritisée qui, fait intéressant déjà signalé par M^{me} JEREMINE [38], englobe souvent les grains de quartz, ce dernier minéral étant relativement peu abondant (Pl. IX, fig. 1). Il n'y a pas lieu de reprendre, dans cette étude, la discussion de l'ordre de cristallisation des roches, déjà magistralement traitée [88 a], mais je crois intéressant de signaler ici les structures criblées de ces plagioclases. La biotite est presque totalement ou entièrement chloritisée, suivant les échantillons ; elle contient, en inclusion, du sphène et des zircons ; l'épidote et la zoïsite, en gros amas, sont associées à la chlorite ; comme éléments accessoires, de l'apatite, de la magnétite, de la calcite.

Une des roches d'Agada a été analysée par M^{me} B. MARTINET :

Composition chimique :	N° 82	Paramètres de NIGGLI :
SiO ₂	67,60	si = 291
Al ₂ O ₃	16,95	al = 42,7
Fe ₂ O ₃	1,40	fm = 15,5
FeO	1,50	c = 16,5
MgO	0,85	alk = 25,3
CaO	3,55	k = 0,11
Na ₂ O	5,40	mg = 0,35
K ₂ O	1,00	
TiO ₂	0,35	
H ₂ O + ...	1,15	
H ₂ O —	0,25	
	100,00	

L'analyse chimique ne donne aucune indication quant à l'origine de cette roche.

Age de ces enclaves.

L'identité des faciès et du degré de métamorphisme des chloritoschistes et des quartzites enclavés dans les roches basiques avec ceux des roches constituant la Série d'Akjoujt, autorise à en rapprocher ces formations plutôt que de la Série de l'Amsaga, constituée de gneiss profonds.

Le même argument (présence de chloritoschistes) permet d'assimiler, à la Série d'Akjoujt, l'enclave d'Adheilet Ahmoud ; la similitude des formes observées au contact du granite, avec celles d'Agueli Sidi, qui correspondent au métamorphisme des roches de la Série d'Akjoujt par un granite postérieur et qui seront décrites en détail ultérieurement, est un argument de plus en faveur de cette hypothèse. De même, les micaschistes et gneiss de Tiferchaï-Souédiat sont à considérer comme des îlots résiduels d'une série d'abord épimétamorphisée, affectés ensuite par le granite proche. Ceci nous permet également d'expliquer la faible intensité des pendages (30 gr en moyenne, parfois subhorizontaux) des gneiss de Souédiat, de Téguedé et de Tiferchaï, qui contrastent avec les pendages toujours beaucoup plus forts des schistes cristallins de l'Amsaga plus violemment tectonisés.

Il est moins aisé de dater les gneiss plagioclasiques à biotite et épidote rencontrés à Agada ou dans le sud du Tijirit. Ou il s'agit de boutonnières de la Série de l'Amsaga, ou ces roches représentent également des lambeaux de la Série d'Akjoujt plus intensément modifiés par un métamorphisme qui serait sans doute de contact, le granite les environnant de toute part. Je penche vers cette deuxième hypothèse. En effet, en plus du fait qu'ils « appartiennent à une zone moins profonde que les gneiss des pays voisins » (Amsaga-Tiris) [JEREMINE, 38], fait qui pourrait s'expliquer par un rétro-métamorphisme cause de la production de l'épidote, ces roches montrent des plagioclases à « structure criblée », englobant du quartz (Pl. IX, fig. 1). Ces structures indiquent que les plagioclases se seraient constitués pendant le métamorphisme en recristallisant aux dépens des autres minéraux de la roche et qu'ils n'auraient pas existé antérieurement. Ce caractère oppose nettement ces roches aux gneiss de la Série de l'Amsaga, où de telles structures n'ont jamais été observées et où les plagioclases auraient existé avant le métamorphisme. M^{me} JEREMINE [38], qui ignorait les conditions de gisement de ces roches, a déjà insisté sur leur ressemblance avec des roches de contact. Enfin, argument qui me paraît décisif, une telle roche plagioclasiique, présentant la même composition minéralogique, — mais un peu plus grenue, — que les gneiss d'Agada, a été récoltée à Adheilet Ahmoud, au contact du granite, associée aux gneiss à muscovite précédemment décrits.

En résumé, le Tasiast et le Tijirit, constitués essentiellement de granites et de roches basiques, montrent encore quelques lambeaux de roches rattachables à la Série d'Akjoujt ; ces roches ont parfois conservé leur structure originelle, mais souvent elles ont été modifiées, quelquefois profondément, par les roches postérieures, — notamment le granite, — qui ont pris la place des formations antérieures. La Série de l'Amsaga n'affleurerait pas dans ces deux contrées.

EXTENSION DE LA SÉRIE D'AKJOUJT

La Série d'Akjoujt occupe donc, non seulement la presque totalité de l'Inchiri cristallin, mais elle s'étend encore vers le sud-est, à travers l'Amatlich, l'Ifozuiten, el Abara, l'Amlil Bou Kerch, l'Idjibiten, l'Amkhacir, jusqu'aux collines d'Aragen Bou Naga. D'accord avec TH. MONOD [72], je pense, après avoir examiné les échantillons récoltés par cet auteur, qu'elle constitue également le massif de Tankarkart.

Vers le nord-ouest, la Série d'Akjoujt devait antérieurement aux granites et aux roches basiques, qui depuis ont occupé la presque totalité de ces régions, s'étendre sur la plus grande partie du Tasiast et du Tijirit, la liaison entre les enclaves schisteuses de Tin Dolim-Nich et les roches de l'Inchiri se fait, à travers les dunes de l'Akchar, par les quartzites feuilletés des collines d'Amili et les quartzites ferrugineux et les schistes du massif de Tourarine. Plus au nord, il y a peut-être lieu d'y rattacher également la série de quartzites, de schistes et

de calcaires peu métamorphiques qu'autrefois QUIROGA [79] traversa entre Aoussert et Bou Hofrat, qu'il classa dans le Paléozoïque, et qui a été revu plus récemment par F. H. PACHECO (*in litt.*) et M. ALIA MEDINA [68].

Vers l'est, le contact avec la Série de l'Amsaga n'est bien visible que sur les versants septentrionaux d'Araguib et d'Irarchen, plus au nord ce contact doit être masqué, soit par les dunes de l'Akchar, soit par les gabbros ou les granites postérieurs. Vers l'ouest, les recouvrements quaternaires ne permettent plus aucune observation. Signalons toutefois, que des sondages électriques faits sous la direction de G. HUOT [3-31] dans la région de Coppolani-Nouakchot n'ont pas retrouvé le socle précambrien vers 2.000 m de profondeur. Nous avons demandé à la Direction Fédérale des Mines de l'A.O.F. une étude géophysique de la région s'étendant entre Tamagot et la mer pour essayer de voir comment le socle cristallin disparaissait vers l'ouest.

TECTONIQUE DE LA SÉRIE D'AKJOUJT

Les pendages de tous ces bancs de schistes et de quartzites sont en général de l'ordre de 25 à 40 gr ; rarement ils dépassent 70 gr. Les plissements sont réguliers et on n'a pas été amené à envisager l'éventualité de chevauchements ou d'accidents compliqués.

En résumé, la tectonique de la Série d'Akjoujt est douce ; elle se manifeste par des mouvements à grand rayon de courbure ; le synclinal d'Akjoujt et le synclinal des Tamochent, séparés par un anticlinal très étroit (6 à 12 km de largeur) dont l'axe, orienté sensiblement est-ouest, irait des Gleibat Lebkanis à la Grara el J'Noun en passant par le Dhala Ourouna et l'Adam el Legleïé.

Cet anticlinal semble s'épanouir au-delà de la limite de notre étude, dans la région de M'Betea, Gleibat Lebkanis.

La nature sporadique des affleurements du Tasiast et du Tijirit n'a pas permis de pousser plus loin cette esquisse tectonique.

Le synclinal d'Akjoujt.

C'est le mieux observable, les affleurements étant très nombreux dans l'Inchiri. En réalité, les recouvrements récents n'en laissent visibles que les parties nord et est. Son centre serait situé à l'ouest d'Akjoujt, dans la région de l'Hajakh Dekhen où il est masqué par une intrusion granitique. Cette cuvette est très régulière et n'est compliquée que par de petits bombements anticlinaux d'importance très restreinte (1 km de large tout au plus pour 5 à 6 km d'allongement) affectant les quartzites de Legleïtat el Bird, d'Irarchen et d'Oumachouéma et par l'étirement de sa bordure est. Cet étirement est marqué par des plis très pincés dans les schistes de Bou J'Neyat et du Khat el Bagara et par des décrochements latéraux des bancs de quartzites, matériaux moins souples que les schistes, décrochements consécutifs à des pincements. Ces zones de décrochement sont au nombre de trois : la plus importante, où le rejet atteint une amplitude de 7 à 8 km, affecte les quartzites ferrugineux compacts de Gleibat Seheu, Guelb Mousra el Lehouar ; dans les collines de Chouema et de l'extrémité ouest d'Irarchen el Amra d'une part, de Bou Siroual sud d'autre part, les rejets sont beaucoup plus réduits et il s'agit là bien plutôt de petits plis failles d'importance toute locale. D'autres failles d'importance encore plus minime ont été notées à l'ouest immédiat de Guelb Mohamed Mouloud et au sud de l'Hajakh Dekhen.

Cette régularité du plissement doit vraisemblablement s'expliquer d'une part par la douceur des mouvements tectoniques, d'autre part par l'abondance des schistes qui constituent un matériau éminemment malléable.

Le synclinal des Tamochent.

Il apparaît beaucoup moins nettement que le précédent, les affleurements étant très rares dans cette région de dunes et de rags sableux et je n'ai pu l'interpréter, de façon fort discutable d'ailleurs, que d'après quelques pointements rocheux assez éloignés les uns des autres :

Greffiat, Nouedgui, Tazra Huilit etc... Seul d'ailleurs sa bordure septentrionale et orientale est visible, tout le reste du synclinal et en particulier son cœur, étant noyés sous les dunes des Barraouyat et de l'Aouker.

Relations entre le métamorphisme et la tectonique de la Série d'Akjoujt.

Lors de la description des roches constituant la Série d'Akjoujt, on a dit que leur schistosité coïncidait avec leur stratification. Cette coïncidence est complète et la schistosité suit les moindres accidents tectoniques ; le parallélisme entre les deux directions s'observe même dans les charnières de plis assez pincés tels que les petits anticlinaux secondaires de Legleïtat ou d'Oumachouema. Ceci montrerait que le métamorphisme ayant affecté la Série d'Akjoujt est antérieur aux mouvements orogéniques ; la Série d'Akjoujt aurait été métamorphisée alors qu'elle était horizontale, ce qui expliquerait que la schistosité se serait développée suivant les lignes de stratification. Les mouvements tectoniques auraient donc plissé en même temps que les sédiments, leur schistosité cristallophyllienne. La tectonique de la Série d'Akjoujt est donc post-métamorphique.

DISCORDANCE DE LA SERIE D'AKJOUJT SUR LA SERIE DE L'AMSAGA

L'antériorité des schistes cristallins de la Série de l'Amsaga a été nettement établie par la découverte de la discordance d'Araguib-Irarchen que j'ai décrite en 1946 [4] et qui avait été pressentie ou vue dès 1931 par MALAVOY [67] ⁽¹⁾ qui n'avait pu alors en saisir la signification. Sur le versant nord de ces collines situées à une trentaine de kilomètres au sud-est d'Akjoujt, on peut suivre sur plus de 3 km le contact entre les deux séries. La moitié inférieure de ces hauteurs est constituée par des gneiss à biotite, redressés presque à la verticale et orientés subméridien-nement. Vers le nord, ils se poursuivent sans discontinuité à travers l'Amsaga. La partie supérieure des collines, au contraire, est constituée d'une quinzaine de mètres de schistes à grain très fin, bien caractérisés par leur débit prismatique et leur couleur gris-vert sur les affleurements, devenant chocolat ou lie de vin, par altération superficielle ; ces schistes sont surmontés en concordance par une puissante série (au moins 500 m) de chloritoschistes typiques qui constituent la majeure partie du massif d'Irarchen. La direction de ces bancs schisteux est OSO-ENE et leur pendage, d'une vingtaine de degrés, est dirigé vers le sud. La discordance est soulignée, en dessous du niveau des schistes lie-de-vin, par un conglomérat d'un mètre environ de puissance constitué de grains arrondis de quartz avec parfois quelques galets atteignant la taille d'un œuf de pigeon (Planches X - XI). A côté de ces éléments, qui sont pris dans un fond de calcédoine, se reconnaissent quelques débris de feldspaths, de la séricite, de la calcite et de la chlorite. Des récurrences conglomératiques de 15 à 25 cm d'épaisseur se rencontrent parfois en lentilles dans les schistes sous jacents. Vers l'est et l'ouest, avec la disparition du relief, cette discordance s'ennoie sous les recouvrements récents, mais au nord de l'Atomaye et d'Atilis, sur le rag qui s'étend entre ces hauteurs et l'Akchar, des affleurements de gneiss sur lesquels étaient encore plaqués des lambeaux de conglomérat ont été retrouvés.

Cette discordance permet non seulement d'affirmer la postériorité de la Série d'Akjoujt, mais également de préciser que la Série de l'Amsaga était déjà plissée et métamorphisée avant le dépôt des assises supérieures : les directions de schistosité des deux séries sont en effet presque orthogonales. Il est intéressant de remarquer que le métamorphisme qui a affecté la Série d'Akjoujt n'a eu, semble-t-il que peu d'action sur les schistes cristallins.

(1) Lors de la découverte de la discordance et de la rédaction de la note qui l'a décrite, note rédigée à Akjoujt, j'ignorais la publication de MALAVOY et c'est pourquoi je ne l'ai pas mentionnée. Il y a là un oubli que je tiens à réparer.

Il y a eu, cependant, apparition d'une légère schistosité secondaire mais je crois qu'il faut considérer comme des phénomènes d'altération et non comme des indices de métamorphisme rétrograde la séricitisation des plagioclases, la chloritisation de la biotite et l'apparition d'épidote dans les gneiss. L'intensité très faible du métamorphisme de la Série d'Ajoujt (zone tout à fait supérieure des micaschistes, puisqu'on trouve des phyllades ardoisières à Afodjan) expliquerait peut-être cette apparente anomalie : les gneiss transportés dans une zone où le métamorphisme était pratiquement nul, seraient restés en équilibre et leurs minéraux n'auraient pas été rétro-morphisés.

RELATIONS DE LA SERIE D'AKJOUT ET DU COMPLEXE DE BASE CAMBRIEN

Il ne m'a jamais été possible de voir la Série d'Ajoujt au contact, ou même à proximité des couches inférieures du Cambrien de l'Adrar. Mais la différence des faciès, des degrés de métamorphisme, de l'intensité de la tectonisation ne laisse subsister aucune ambiguïté : la Série d'Akjoujt est bien antérieure aux dépôts cambriens de l'Adrar.

Rappelons toutefois que MALAVOY [67] pensait que ce contact pouvait être visible dans la région d'Iziate el Groniat. TH. MONOD (renseignement oral), au cours d'une tournée qu'il fit au début de 1949, aurait pu observer, dans la région de Krekra, à une distance assez faible des dolomies primaires à pendage est, des quartzophyllades et des schistes plongeants vers l'ouest. J'ai pu voir des échantillons de ces dernières roches qui rappellent celles de la Série d'Akjoujt. La zone de contact serait malheureusement ensablée. Cet auteur précisera certainement ces observations au cours des années à venir.

CHAPITRE VI

LES GRANITES POSTERIEURS A LA SERIE D'AKJOUJT (1)

« Le Tiris est caractérisé par des dômes de granite porphyroïde », écrivait CHUDEAU [16] en 1911. Ces granites ont bien été retrouvés dans la partie occidentale du Tiris français, où ils constituent de petits massifs à proximité d'Arouenit, au nord du guelb el Voujajet, à l'est du guelb el Chleha, mais ils n'y sont pas très développés ni bien typiques : CHUDEAU parlait sans doute du Tiris espagnol. Par contre, ces roches constituent, comme il a été dit, la majeure partie du Tassarat, du Tijirit, et du Tasiast cristallin. On les retrouve également en massifs moins étendus, dans l'Amsaga occidental, autour de Zidane, à la daya Ténachfouil d'où ils s'étendent vers le nord jusqu'à Touijenjert et Modreigue, dans la région des Zerlane, etc... Des granites, ayant des caractères identiques, traversent localement la série d'Akjoujt, dans l'Amlil Bou Kerch et l'Inchiri ; le plus étendu de ces pointements, celui d'Agueli Sidi-Hajakh Dekhen, sera décrit en détail.

Description pétrographique des différents types :

Le type qui occupe la majeure partie du Tijirit et qui a la plus grande aire d'affleurement est un granite à biotite bien grenu, de teinte grise, à éléments de taille moyenne. Il s'oppose au type porphyroïde plus sombre dont les affleurements sont moins étendus et au granite leuocrate, à muscovite, parfois à tourmaline, rencontré surtout au Tasiast.

Enfin comme il est courant en bordure des massifs granitiques, on observe fréquemment des filons se pegmatite.

GRANITE GRENU DU TYPE TIJIRIT

EXTENSION

C'est le granite le plus répandu et il couvre des superficies considérables. Pratiquement, exception faite des roches basiques, il occupe la presque totalité du Tijirit et se poursuit, plus au sud-est, au-delà des dunes de l'Akchar ; dans l'Amsaga, dans les régions de Tidjaraten, Achlechil el Khial, dans l'Amsaga, il affleure, de plus, en petits massifs notamment aux environs de la Batha el Hemmé, de la daya de Sbébérat, des Gleibat Desmés, etc... L'Aftout Temimichate, dépression au milieu des dunes de l'Azéfal, est presque entièrement composé de cette roche qui déborde largement au-delà de ces dunes pour constituer la majeure partie du Tasiast cristallin. Enfin, au Tiris, ce granite pointe encore localement, à l'ouest de la sebkha Idjil, dans les régions d'Arouenit et de guelb el Mohera ainsi qu'entre la sebkha et Sellaouridje.

(1) On ne décrira pas les syénites quartzifères alcalines de Aragen Bou Nagga, déjà signalées par MALAVOY [67] et JACQUET [37], que je revis au début de 1946, et les granites alcalins formant les hauteurs de Bir Moghreïn, granites récoltés à Bir el Halou [37], revus en 1947 par NELTNER et que j'ai visités au début de 1949 parce que, d'une part, ces roches sortent du cadre géographique de cette étude et que, d'autre part, elles ont été étudiées trop rapidement pour pouvoir être décrites.

Les syénites de Aragen Bou Nagga et les granites alcalins de Bir Moghreïn font actuellement l'objet d'études détaillées d'une part de J. J. HALLEMANS et L. RENAUD et, d'autre part, de G. ROCCHI. (Note ajoutée en cours d'impression.)

ORIGINE.....	TINTAN GUELBOUD	BATHA EL HEMME	Entre IRARCHEN et TIDJARATEN	NORD DE TIDJARATEN	EST DE GLEIBAT MOUSDAR
DETERMINATION..	Granite calcoalcalin à biotite.	Granite calcoalcalin à biotite.	Granite calcoalcalin écrasé à chlorite.	Granite calcoalcalin leucocrate.	Granite calcoalcalin à biotite.
TEXTURE	Grenue.	Assez largement grenue.	Grenue, cataclastique.	Grenue.	Largement grenue.
QUARTZ	Gros cristaux de quartz granulitique.	Quartz à tendance granulitique.	Quartz granulitique.	Quartz granulitique.	Gros grains de quartz granulitique.
FELDSPATH K. ...	Microcline moins abondant que plagioclase.	Microcline plus abondant que plagioclase.	Orthose kaolinisée.	Microcline.	Orthose peu abondant, à perthite.
PLAGIOCLASE ...	Andésine (35 % An)	Oligoclase (22 % An)	Oligoclase (?) très séricitisé.	Oligoclase très séricitisé.	Andésine (32 % An)
MINÉRAUX ESSENTIELS	Biotite verte.	Biotite brun verdâtre.	Biotite rare chloritisée.	Biotite rare chloritisée.	Biotite brune abondante.
MINÉRAUX ACCESSOIRES ...	Epidote, gros zircons libres.	Apatite, zircons dans biotite.	Chlorite, magnétite, sphène en grains brisés, zircons libres.	Chlorite + épidote + magnétite (ancienne biotite)	Apatite en inclusions dans biotite, titanomagnétite et sphène.
REMARQUES. MINÉRAUX ACCIDENTELS ...		Myrmékite.	Allanite.		Myrmékite abondante.

GIQUES DES GRANITES A BIOTITE

SATTLE AHEL FADHEL	COLLINE AU NORD D'AHMEYIM	Entre IRIJI et le Draa MALICHIGDANE	GUEL B AKCHIT	SATTLE LEGLEIE	KHAT ATOUNI
Granite calcoalcalin à biotite.	Granite calcoalcalin à biotite légèrement écrasée	Granodiorite à biotite.	Granodiorite à biotite.	Granite calcoalcalin à biotite et grenat.	Granite calcoalcalin à amphibole.
Grenue, un peu orientée.	Grenue, légèrement écrasée	Grenue.	Assez finement grenue.	Largement grenue.	Largement grenue.
Quartz granulitique.	Grains un peu brisés.	Gros grains de quartz granulitique.	Quartz abondant en grains un peu étirés.	Gros grains.	Quartz granulitique.
Microcline.	Microcline rare.	Microcline en antiperthite.	Microcline rare.	Microcline.	Microcline.
Oligoclase altéré (15 % An)	Oligoclase à macles tordues.	Oligo-andésine (30 % An)	Oligo-andésine (30 % An)	Andésine (33 % An) subordonnée.	Oligoclase (22 % An)
Amas de biotite brun verdâtre.	Biotite déchiquetée chloritisée, un peu de muscovite.	Biotite verte chloritisée.	Biotite, par endroits ferruginisée, grossièrement orientée.	Biotite zirconifère en grosse lames disséminées.	Grandes plages de hornblende verte.
Epidote. magnétite, zircons, petites lamelles de chlorite.	Epidote, sphène, apatite, zircons, magnétite.	Zircons libres, grains d'épidote.	Chlorite, magnétite, petits zircons.	Gros grenats rose pâle, magnétite, spinelle vert, sphène rare.	Limonite, sphène en gros cristaux, zoïsité-apatite.
Allanite.			Myrmékite.	Myrmékite abondante.	

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

C'est une roche grise, s'érodant en boules avec altération en écailles, donnant rarement des collines de hauteur importante (Bir Igueni - Sattle Ogmâne).

Parfois, par exemple en bordure de l'Azefal, dans la région d'Afreijjat, elle forme, au niveau du sol, de grandes dalles polies de plusieurs ares. La bordure des massifs qu'elle constitue est parallèle aux directions tectoniques des roches encaissantes. Le quartz a un éclat vitreux ; il est fréquemment à tendance granulitique. Les feldspaths sont toujours très altérés, généralement blancs, plus rarement roses ; au nord-ouest proche d'Ahmeyim, une petite colline montre ces deux types étroitement unis et passant de l'un à l'autre. La biotite est noire, brillante et a souvent tendance à s'orienter.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

En lame mince, le type le plus courant se montre être un granite calcoalcalin à biotite. La texture est grenue, parfois légèrement orientée. Cette apparence orientée varie pour un même échantillon suivant la façon dont l'éclat pour la taille a été prélevé. Le quartz est fréquemment à extinction roulante ; les échantillons où ce minéral est granulitique ne sont pas rares. Le microcline est constant ; le plagioclase est de l'oligoclase moyen (10 à 25 % d'An), plus rarement de l'andésine (Tintan) ; il est toujours damouritisé (Pl. IV, fig. 3). Au contact du plagioclase et du microcline, de la myrmékite peut se développer. La biotite, en lamelles, a toujours subi un début de chloritisation. Comme minéraux accessoires, on observe de la magnétite, des zircons, du sphène, de l'apatite, de l'épidote, parfois, de l'allanite ⁽¹⁾ (Sattle Ahel Fadhel).

Ce sont donc là des granites calcoalcalins à biotite. D'autres gisements (Afreijjat, guelb Akchit, nord d'Ahmeyim, etc...) ne montrent plus le feldspath potassique qu'en antiperthite à l'intérieur du plagioclase à 30 % d'An, les autres minéraux étant identiques à ceux du type précédent qui passe donc, ici, à une granodiorite.

Je n'ai récolté qu'une seule fois (Khat Atoui) un granite à hornblende verte, présentant par ailleurs les mêmes caractéristiques minéralogiques que les précédents ; les quartz y sont granulitiques et les gros cristaux de sphène particulièrement abondants. Peut-être s'agit-il d'un faciès d'endomorphisme.

Les caractéristiques minéralogiques de ces différents types sont rassemblées dans le tableau qui suit.

Ces granites ont donc une composition minéralogique très semblable aux gneiss à biotite précédemment décrits (cf. p. 43). Cependant, tant sur le terrain qu'à l'examen microscopique, il n'est pas possible dans la majorité des cas, de confondre les deux roches : Les gneiss ont mieux résisté à l'altération que les granites et ne s'érodent pas en écailles ; en général, ils forment des dalles lisses, « saines », dressées sur champ, différentes des « dos de tortues » et des dômes granitiques. Ces différences morphologiques ont déjà été reconnues par HUBERT [30] dans son étude sur la forme des accidents de reliefs de l'Afrique Occidentale.

Les granites sont souvent orientés, mais ne montrent jamais de signes nets de tectonisation : aucune direction tectonique, aucun pendage bien défini ne s'y observent. Le relevé des directions d'orientation des éléments montrent qu'elles suivent le tracé des épontes du massif. La cassure des gneiss est toujours quelque peu saccharoïde, vitreuse, compacte, tandis que celles des granites est beaucoup plus grenue et la roche y a un aspect plus jeune. La biotite des granites peut être disposée en lits orientés mais les cristaux eux-mêmes sont des paillettes tandis que la biotite des gneiss est en aiguilles, en baguettes allongées suivant la schistosité. Ces caractères se retrouvent en plaques minces ; à la tendance fréquemment granulitique des quartz des granites, s'op-

(1) Détermination due à L. BODIN.

pose la structure plus ou moins granoblastique des gneiss où le quartz a recristallisé et où l'on trouve la biotite en lépidoblastes bruns, bien différents des lamelles de biotite en voie de chloritisation des granites (Pl. IV, fig. 1 à 4).

ANALYSES CHIMIQUES

Voici les analyses de trois échantillons typiques de ces granites ; les analyses chimiques des mylonites communiquées p. 139 sont vraisemblablement à rapprocher de ces résultats et seront ultérieurement groupées avec les données suivantes :

- 83 — Granite calcoalcalin à biotite ;
Origine : Sattle Ahel Fadhel ;
Analyste : M^{me} MARTINET.
- 84 — Granite calcoalcalin à biotite (largement grenu) ;
Origine : est (5 km) de Gleibat Mousdar ;
Analyste : M^{me} MARTINET.
- 85 — Granite calcoalcalin à biotite, légèrement écrasé ;
Origine : colline au nord d'Ahmeyim ;
Analyste : H. BRUSSET.

	83	84	85
SiO ₂	73,10	69,15	68,98
Al ₂ O ₃	14,60	14,35	17,60
Fe ₂ O ₃	1,20	0,95	0,17
FeO	0,50	1,95	1,99
MgO	0,45	1,80	0,97
CaO	1,60	2,75	2,35
Na ₂ O	4,58	5,20	4,95
K ₂ O	2,76	3,10	1,73
TiO ₂	0,25	0,35	0,30
P ₂ O ₅	»	0,17	»
H ₂ O + ...	0,85	0,60	0,40
H ₂ O —	0,10	0,15	0,18
	99,99	100,52	99,62

Les minéraux virtuels américains correspondants sont les suivants :

	83	84	85
Q	31,50	19,14	25,80
Or	16,68	18,35	10,01
Ab	38,77	44,01	41,92
An	8,06	6,67	11,68
Cor	1,02	»	3,37
CaSiO ₃	»	2,55	»
M ₃ SiO ₃	1,10	4,50	2,40
FeSiO ₃	»	2,24	3,17
Ma	0,93	1,39	0,23
Ilm	0,46	0,61	0,46
He	0,64	»	»
Ap	»	0,34	»

Les paramètres de LACROIX sont :

83 =	I	'4	2	4	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,35$	An %	17
84 =	I(II)	4	'2	4	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,36$	An %	8
85 =	I'	4	2	4'	$\frac{\text{or}}{\text{plag.}} = 0,19$	An %	46

Et ceux de NIGGLI :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
83.....	392	46,1	10,9	9,3	33,5	0,29	0,32
84.....	295	36,0	21,5	12,5	30	0,28	0,54
85.....	314	47,2	14,7	11,4	26,7	0,18	0,44

D'après les paramètres de LACROIX, le premier est un granite hololeucocrate akéritique, les deux autres sont des granites leucocrates akéritiques.

Planche : 8

ORIGINE	GUEL B TAORTA
DETERMINATION..	Granite calcoalcalin, porphyroïde à biotite, légèrement écrasé.
TEXTURE	Grenue porphyroïde avec traces d'écrasement.
QUARTZ	En amas écrasé.
FELDSPATH K. ...	Microcline en grands cristaux et en petits cristaux broyés.
PLAGIOCLASE ...	Oligoclase (26 % An)
MINÉRAUX ESSENTIELS	Grosses lames de biotite brun verdâtre, zirconifère.
MINÉRAUX ACCESSOIRES ...	Apatite, ilménite, sphène, un peu de chlorite.
REMARQUES	Myrmékite abondante.

ARACTERES MINERALOGIQUES DES GRANITES PORPHYROIDES

EST DE GLEIBAT DESMÉE	TOUIJENJERT	HAJAKH DEKHEN	Entre AGUELT SIDI et HAJAKH DEKHEN	En bordure de la piste, au nord de TENACHFOUIL
Granite calcoalcalin, porphyroïde à biotite.	Granite calcoalcalin, porphyroïde écrasé à biotite.	Granite calcoalcalin porphyroïde à biotite.	Granite calcoalcalin à biotite en voie de mylonitisation.	Granite porphyroïde à biotite et amphibole.
Porphyroïde.	Grenue, porphyroïde, légèrement cataclastique.	Porphyroïde cataclastique.	Porphyroïde cataclastique.	Porphyroblastique.
En agglomérats.	En grains étirés.	Dans le mortier.	Dans le mortier.	Dans le fond granoblastique.
Microcline en porphyroblastes.	Grands cristaux de microcline.	Porphyroblastes de microcline.	Porphyroblastes de microcline.	Microcline en porphyroblastes et dans le fond granoblastique.
Oligoclase basique rare.	Oligoclase (27 % An) dominant.	Dans le mortier, oligoclase (?)	Dans le mortier, oligoclase (?)	Oligoclase en porphyroblastes et dans le fond granoblastique.
Biotite brune orientée, un peu de muscovite secondaire.	Biotite en amas de larges lames.	Biotite dominant muscovite.	Biotite en lamelles déchiquetées dans le mortier.	Biotite brune et quelques lames de hornblende.
Magnétite, épidote.	Gros zircons en inclusions dans la biotite, apatite abondante.	Zircons, grenats, épidote.	Apatite, allanite.	Sphène abondant, apatite.
	Myrmékite.			Myrmékite.

GRANITE PORPHYROÏDE

EXTENSION

C'est lui qui constitue les massifs de Touyerma, de Ténachfouil - Touijenjert - Modreigue, de Ben Amara - Inomouden - el Haddada, de Char, guelb el Mousdar, guelb Diago, etc... Il forme également la majeure partie de l'intrusion de l'Hajakh Dekhen ⁽¹⁾.

Le pourtour de ces massifs concorde, en général, avec les directions des roches encaissantes. Ce granite a, généralement, mieux résisté à l'érosion que le précédent, et constitue les dômes dont parlait CHUDEAU, dômes que l'érosion éolienne a parfaitement polis (el Haddada, Inomouden, etc...) dans leurs parties non encombrées de débris écailloux et qui dominent le rag environnant de parfois plus de 200 m (Ben Amara) ; entre Ténachfouil et Touijenjert, il donne des amoncellements chaotiques s'étendant sur plusieurs kilomètres de distance.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

À l'examen macroscopique, ce qui frappe tout d'abord, ce sont les gros cristaux de feldspaths automorphes, dont la taille atteint parfois 12 cm (Amagouer). Sur les faces altérées, ce sont eux les seuls éléments reconnaissables et leur teinte roussâtre tranche sur le fond noirci de la roche ⁽²⁾. Sur les cassures, ces feldspaths souvent roses ou violacés apparaissent baignant dans une pâte de biotite très noire ; le quartz ne se présente qu'en dernier lieu, en cristaux globuleux.

Sur le pourtour des massifs de ce granite, les amygdales de feldspaths s'alignent et sont noyées dans des traînées orientées de biotite ; on a alors des faciès de gneiss œillés (Hajakh Dekhen, Ténachfouil, etc...). Le relevé de ces directions d'orientation montre qu'elles suivent le pourtour des intrusions ; de plus, au fur et à mesure que l'on s'avance vers le cœur du massif, cette orientation disparaît progressivement et l'on arrive à une texture nettement granitique ; parfois, ce passage est brutal. Il ne s'agit donc pas, à vrai dire, de gneiss, mais plutôt de faciès de bordure.

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

En lame mince ; les types nettement granitiques montrent une structure porphyroïde avec toujours des traces d'écrasement. Les porphyroblastes dominants sont du microcline, puis vient l'oligoclase et, parfois, du gros quartz granulitique. Ce minéral est le plus souvent cristallisé et groupé en amas.

Les myrmékites sont abondantes au contact des deux feldspaths (Pl. IV, fig. 4). Le fond de la roche est formé de biotite plus ou moins chloritisée en larges lames. Comme éléments accessoires se rencontrent de gros zircons, de gros cristaux d'apatite, du sphène, de la magnétite, de l'ilménite. La hornblende verte a parfois été observée (Ténachfouil - Gleibat Ouled - Bousba...). Les échantillons à faciès de gneiss œillés montrent une composition minéralogique analogue, mais avec une texture nettement orientée et une recristallisation plus poussée des éléments. Des grenats y ont parfois été notés (Hajakh Dekhen). Ces caractères sont rappelés dans le tableau ci-contre.

(1) L. Neltner a également récolté ce granite à Tourassine, au sud de Fort-Trinquet, où il est légèrement amphibolique. Quiroga [79] a également décrit des granites porphyroïdes au Rio de Oro.

(2) Le granite d'Azguemerzi, qui a un faciès analogue et qui est peut-être contemporain de notre granite porphyroïde, est couramment appelé, par les géologues marocains, « granite peau de panthère ». Ce vocable évoque très bien l'aspect de la surface érodée de ce granite porphyroïde.

ANALYSES CHIMIQUES

Nous emprunterons à Mme JEREMINE [36], l'analyse d'un granite [86] récolté par TH. MONOD entre Fourn Joul et Char et qui, d'après les croquis que nous a communiqués cet auteur, semble appartenir au massif de Ténachfoul-Touijenjert.

Un autre granite [87], provenant également de Touijenjert a été analysé par Mme MARTINET, l'analyse du granite porphyroïde de Char [88] a été faite par H. BRUSSET.

	86	87	88
SiO ₂	69,44	74,25	63,86
Al ₂ O ₃	12,93	12,55	16,07
Fe ₂ O ₃	0,17	3,65	3,84
FeO	4,32	1,10	3,18
MnO	0,07	traces	—
MgO	0,41	0,15	1,37
CaO	3,28	1,10	1,04
Na ₂ O	3,51	2,10	2,65
K ₂ O	3,57	4,10	5,96
TiO ₂	0,86	0,30	0,63
P ₂ O ₅	0,11	—	—
H ₂ O + ...	1,09	0,85	0,98
H ₂ O —	0,13	0,10	0,06
TOTAL	99,89	100,25	99,58

Les normes américaines correspondantes sont :

	86	87	88
Q	26,76	43,56	20,28
Or	21,13	24,46	35,58
Ab	29,34	17,82	22, 53
An	8,90	5,56	5,28
Cor	—	2,65	3,26
Ca SiO ₃	2,78	—	—
Mg SiO ₃	1,00	0,4	3,40
Fe SiO ₃	6,47	—	1,58
Ma	0,23	2,55	5,57
Ilm	1,67	0,61	1,22
Ap	0,34	—	—
He	—	1,92	—
An %	23	24	19
Or	0,55	1,04	1,28
Plag.			

Les paramètres de LACROIX correspondants sont :

86 —	I (II)	4	2	3 (4)
87 —	I	3	2	3
88 —	I (II)	4	1 (2)	2 (3)

Ce sont donc des granites leucocrates monzonitiques, les paramètres du premier correspondant à un granite plus basique que l'échantillon 87 qui me paraît représenter le type affleurant le plus largement dans le massif de Touijenjert-Ténachfouil.

Quant aux paramètres de NIGGLI, ils sont les suivants :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
86	330	36,0	20,6	16,6	26,8	0,40	0,14
87	431	43,2	22,6	7,0	27,2	0,56	0,06
88	260	38,5	30,8	4,6	26,1	0,60	0,27

GRANITE LEUCOCRATE

EXTENSION

C'est dans le Tasiast que le granite leucocrate a la plus grande extension. Cependant le levé au 50.000 de la région d'Aguel Sidi m'a montré l'existence de quelques petits massifs aplitiques non cartographiables à des échelles plus faibles. Des granites leucocrates se rencontrent également à Afouegim, guelb el Bora, mais ils constituent des accidents isolés alors qu'au Tasiast ces roches affleurent très largement dans les régions d'Aroueyit-Oued Nzeran, de Lebneye et surtout au sud de Sattel Ogmane où s'amorce une grande zone d'affleurement s'étendant par Adheil et Ahmoud et la région de N'Daouas jusqu'au delà de l'Azefal, au sud de Bir Igueni et à el Ghzelinhié.

DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

De toutes les roches granitiques ce sont ces formes leucocrates qui ont le moins bien résisté à l'érosion et elles forment rarement des « dos de tortue » (Agde Ichigden) ou des rochers (el Ghzelinhié) en général elles affleurent au niveau du rag aréneux provenant de leur décomposition. Ce sont des roches blanches, plus ou moins grenues.

Certains types (région de N'Daouas), très orientés, se débitent en plaquettes et ont une cassure saccharoïde. Des formes à tendance pegmatitique, avec des feldspaths de 3 à 4 cm de long et même plus se rencontrent parfois (Agde Ichigden). Dans les types courants, les feldspaths ne sont pas toujours identifiables macroscopiquement ; le quartz le plus souvent ne se voit qu'à la loupe ; seule la muscovite en paillettes est aisément reconnaissable ; parfois elle voisine avec un peu de biotite (Fask, nombreux affleurements tout le long du Khat Atoui) ou avec de petits grenats (cas fréquent dans toute la région s'étendant à l'est et au sud d'Aroueyit).

DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

En lame mince, la structure de ces roches se montre être grenue, plus ou moins largement, parfois très finement (structure aplitique bien observable, par exemple, sur la face sud d'Agde Ichigden ou dans les affleurements épars parmi les dunes isolées au nord de el Ghzelinhié) avec souvent des débuts de recristallisation et une tendance à l'orientation,

CARACTERES MINERALOGIQUES DES GRANITES LEUCOCRATES

ORIGINE.....	8 km sud-est d'IKNIOUN	6 km est de N'DAOUAS	Entre LEMDENAT EL AOUAT et ADHEILET AHMOUD	Entre ANOUEIL et AROUEYIT	Entre N'DEREK et et GHZELINHIE
DETERMINATION	Granite leucocrate calcoalcalin grenatifère.	Granite calcoalcalin orienté à muscovite.	Granite à muscovite.	Granite calcoalcalin pauvre en biotite.	Aplite ou granite leucocrate.
STRUCTURE...	Grenue.	Grenue à tendance granoblastique.	Grenue.	Grenue.	Tendance granoblastique.
QUARTZ.....	Granulitique.	En amas de grains.	En grandes plages, abondant, parfois granulitique.	En amas de grains	En partie recristallisé.
FELDSPATH K.	Microcline.	Microcline.	Microcline.	Microcline dominant.	Néant.
PLAGIOCLASE..	Oligoclase (?) très altéré.	Oligoclase- albite très altéré.	Albite- oligoclase très altéré.	Oligoclase moyen.	Très altéré. Oligoclase ?
MINERAUX... ESSENTIELS ...	Très rares lamelles de biotite.	Muscovite en lames orientées, biotite très rare.	Muscovite.	Biotite brune et muscovite rares.	Néant.
MINERAUX... ACCESSOIRES ..	Epidote, zoïsite, zircons abondants, sphène, grenat.	Epidote, zoïsite, apatite- limonite.	Grenat, magnétite, zircons, zoïsite + épidote.	Epidote, zoïsite, magnétite, zircons libres.	Sphène, zircons, apatite épidote, zoïsite.
REMARQUES...	Myrmékite.			Un peu de myrmékite.	

Les quartz sont fréquemment granulitiques ; le microcline, parfois à perthites, est abondant et voisine avec de l'oligoclase acide, toujours très altéré ; la muscovite est en larges lamelles (Pl. IV - fig. 5) souvent associée à un peu de biotite ; elle est rarement absente et l'on passe alors à de véritables aplites (el Ghzelinhié) ⁽¹⁾ ; les grenats sont assez fréquents ; comme éléments accessoires, du sphène, de l'apatite souvent abondante et en gros cristaux, des zircons, des oxydes de fer, de l'épidote, de la zoïsité.

Ces caractères sont rassemblés dans le Tableau ci-contre.

ANALYSES CHIMIQUES

J'ai pu faire analyser trois de ces granites leucocrates ; voici les résultats :

- 89 — Granite calcoalcalin, grenatifère,
Origine : 8 km sud-est d'Iknioun,
Analyste : Mme MARTINET.
- 90 — Granite calcoalcalin, pauvre en biotite,
Origine : entre Anoueil et Aroueyit,
Analyste : Mme MARTINET.
- 91 — Granite leucocrate à muscovite,
Origine : entre Lemdenat el Aouat et Adheilet Ahmoud,
Analyste : H. BRUSSET.

	89	90	91
SiO ₂	73,80	72,50	75,40
Al ₂ O ₃	14,25	15,05	14,72
Fe ₂ O ₃	0,90	0,70	0,01
FeO	0,15	0,45	1,28
MgO	traces	0,15	0,26
CaO	2,40	1,60	0,99
Na ₂ O	4,90	5,95	3,87
K ₂ O	3,65	2,80	2,97
TiO ₂	0,15	0,10	traces
H ₂ O + ...	0,30	0,40	0,72
H ₂ O —	0,05	0,20	0,05
TOTAL	100,55	99,90	100,22

(1) Th. MONOD a également récolté un granite à deux micas sur la rive gauche de l'oued el Abiod, à la base des monts Ibi (prolongement de l'Amsaga au sud du draa Malichigdane) ; cet échantillon a été décrit par M^{me} JEREMINE [36]. Cette roche n'a pas été retrouvée et, dans cette région, je n'ai observé qu'un granite monzonitique à biotite, à tendance porphyroïde, avec des traces d'écrasement peut-être en liaison avec la zone broyée de l'oued Seguelil.

Ce qui correspond aux normes américaines suivantes :

	89	90	91
Q	27,42	29,82	38,04
Or	21,68	16,68	17,79
Ab	41,39	50,30	32,49
An	6,12	5,84	5,00
Cor	—	—	3,26
Ca SiO ₃	1,86	0,93	—
Mg SiO ₃	—	0,40	0,60
Fe SiO ₃	—	0,13	2,24
He	0,96	—	—
Ma	—	0,93	0,23
Ilm	0,15	0,15	—
Sphène	0,98	—	—
Or	—	—	0,47
Plag.	0,45	0,30	—
An %	12	10	9

Les paramètres de LACROIX correspondants sont :

89 = I	4	'2	'4
90 = I	4	(1) 2	4
91 = I	3'	'2	'4

Ce sont des granites hololeucocrates akéritiques très proches les uns des autres.

Enfin, les paramètres de NIGGLI de ces trois roches sont les suivants :

	si	al	fm	c	alk	k	mg
89	391	44,6	4,1	13,7	37,5	0,33	0
90	377	46,0	5,6	9,1	39,3	0,24	0,22
91	445	51,0	9,2	6,4	33,3	0,34	0,23

Ces résultats prêtent aux remarques suivantes :

— l'absence ou la rareté de la biotite se traduit, à l'analyse, par les faibles pourcentages de MgO et par de faibles teneurs en oxyde de fer, d'où des valeurs très faibles du paramètre fm de NIGGLI.

— par contre, l'analyse de l'échantillon 89 donne une teneur en TiO_2 élevée *comparativement* à celle de FeO, de sorte que, contrairement à l'usage, on est amené à calculer du sphène virtuel pour utiliser l'excédent de TiO_2 . Ceci est en accord avec l'examen en lame mince de cet échantillon qui révèle l'existence de nombreux et volumineux cristaux de ce minéral.

Il faut sans doute rapprocher de ces roches du Tasiast les granites à muscovite et tourmaline bleue observables en un petit pointement, à l'est de l'intrusion de l'Hajakh Dekhen, près de el Khleijiat, et surtout dans la région s'étendant entre Aouinet em Mlis, Ioulguend et Tindiat. Ces granites contiennent les mêmes minéraux que les roches précédentes, mais il s'y ajoute de nombreux cristaux de tourmaline bleue (Pl. XIII, fig. 1).

LES PEGMATITES

Il n'a été observé qu'un petit pointement de pegmatite (intrusif dans la Série d'Akjoujt) au nord immédiat du guelb de Tamagot ; dans l'Amsaga, ces roches sont particulièrement abondantes dans la région d'Iguilid-Ménérat ; un filon est visible au sommet de la passe d'Ouararda ; dans le Tiris, elles sont également fréquentes ; citons : Feraouate où elles sont intrusives dans des quartzites à oligiste, Touijenjert où elles se glissent dans la charnière d'un pli pincé affectant des quartzites ferrugineux, l'Atomaye où elles abondent tantôt sous des formes à gros cristaux, tantôt sous des formes plus finement grenues, tendant à des aplites, Fort Gouraud-Fderik, au nord et au sud de l'éperon escarpé de quartzites ferrugineux surplombant le jardin du poste.

Au Tasiast, n'est connue qu'une zone de pegmatite mais elle est très étendue puisqu'elle va d'Inkebden à N'Talfa.

Ce sont, en général, des pegmatites calcoalcalines à orthose, oligoclase acide et muscovite à grain moyen. La tourmaline est fréquente à Iguilid-Ménérat et à Fort Gouraud où ses prismes peuvent atteindre 20 cm de long.

A ce type largement répandu, s'oppose d'une part un petit pointement du Rag el Abiod, à l'ouest de Kalla, constitué uniquement de microcline traversé par des filonnets de quartz et d'albite et d'autre part, la roche de la « passe » de la piste à Ouararda. Celle-ci est remarquable par son aspect macroscopique ; sur un fond rose et vert malachite compact se détachent des grains de quartz atteignant cinq millimètres. Elle traverse en filon à bords francs, des gneiss à biotite.

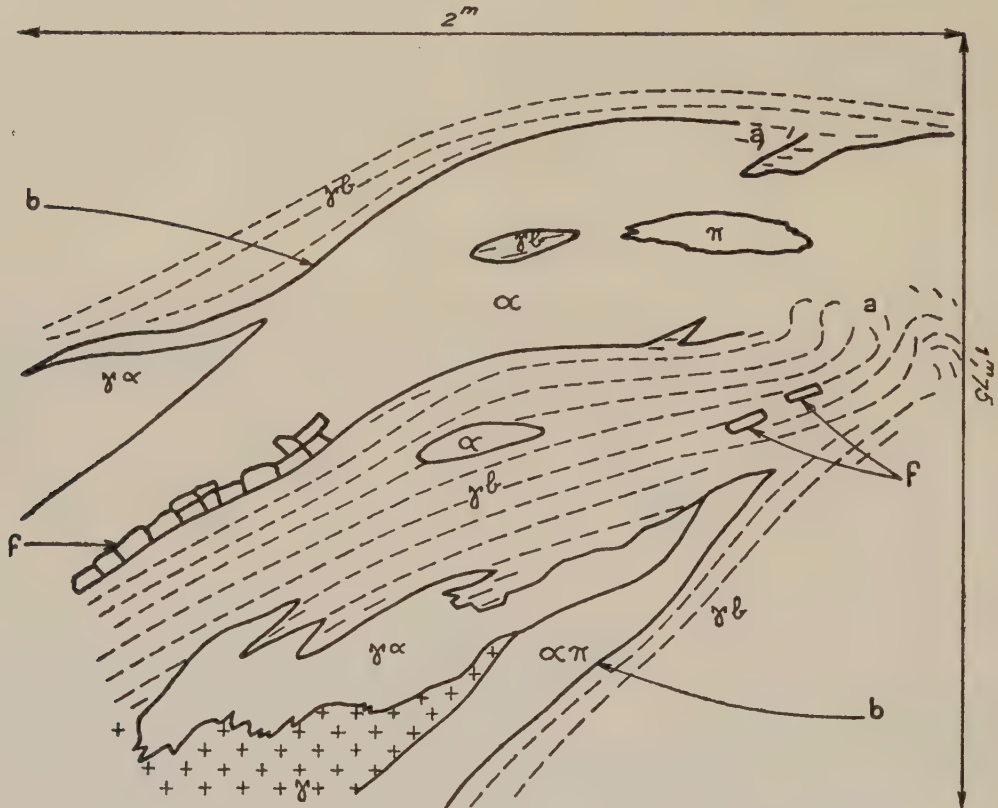
En plaque mince, ces quartz graphiques sont englobés par de l'orthose kaolinisée qui constitue la presque totalité de la roche, à côté d'un peu de microcline très frais, recristallisé dans les fissures (origine secondaire) et de lamelles de chlorite qui doivent donner sa couleur verte à la roche massive.

Comme autres roches acides, il faut citer également un microgranite — le seul observé — affleurant à N'Staran (Tasiast).

Les phénocristaux sont du quartz et de l'oligoclase altéré pris dans un fond peu abondant formé d'une pegmatite graphique de quartz et d'orthose ; quelques lamelles de chlorite sont disséminées et associées à des oxydes de fer.

Cette roche et les pegmatites précédemment décrites ne sont, en somme, que des accidents minéralogiques dont l'étendue n'a rien de comparable avec celle des trois grands types de granites dont les zones de contact vont être décrites afin que, par la suite, on puisse essayer de dégager les relations réciproques existant entre eux.

BIR IGUENI. Colline septentrionale
"Veines" de granite leucocrate à l'intérieur du granite à biotite



- γ — Granite à biotite, non orienté
- γ^b — Granite orienté à biotite — (roche prédominante)
- α — Aplogranite
- γ^α — Roche intermédiaire entre α et γ^b
- π — Aplite pegmatitique
- f — Feldspaths pegmatitoïdes
- a — Passage "nébuleux" entre α et γ^b
- b — Filons à bords francs

Fig: 3i

CONTACT DES GRANITES A GRAIN MOYEN ET DES GRANITES PORPHYROIDES

Ce contact peut être observé à la limite des petites zones de granite grenu enclavées dans le granite porphyroïde de l'Hajakh Dekhen, mais il est surtout bien visible dans le champ granitique, qui s'étend entre Char et la frontière du Rio de Oro.

A Char, on observe, sous les grès cambriens, un granite porphyroïde nettement orienté qui n'est pas encore un gneiss œillé ; un peu plus au sud, à guelb Taorta, cette roche, toujours aussi porphyroïde ne montre plus aucune trace d'orientation.

Au nord de Char, à l'est de Gleibat Mousdar, on est arrivé très progressivement à un granite où sur un fond d'éléments de taille moyenne, se détachent encore quelques feldspaths dont la taille dépasse le centimètre.

Enfin, aux Gleibat Mousdar mêmes, on ne trouve plus qu'un granite largement grenu, c'est-à-dire où tous les éléments sont de taille assez forte mais où tous les feldspaths sont de même grandeur. Le type à grain fin est lui-même rencontré au guelb el Akchit. La même succession a été observée à l'est de guelb Legleï et au sud de guelb Dholim. QUIROGA [79] décrit également dans la région de Tenuileck, le passage progressif d'une roche porphyroïde à une roche à grain fin qui semble bien être celui de deux faciès granitiques.

CONTACT DES GRANITES A BIOTITE ET DES GRANITES LEUCOCRATES

Si parfois le type leucocrate forme des massifs nettement individualisés — ceux décrits plus haut — d'autre fois, il forme des veines, des « filons » à bords francs (en b de la fig. 31) à l'intérieur du granite à biotite (Bir Igueni, Sattle Ogmane, Sbérat, Pl. XII - fig. 1). Mais ces contacts francs entre les deux formes ne sont pas constants, et par ailleurs, on observe également (a. fig. 31) des contours très flous impossibles à préciser, avec des indentations, des zones d'un granite intermédiaire entre les deux types extrêmes ; la roche ressemble alors quelque peu à une migmatite.

La granulite peut prendre un aspect pegmatitique parfois localisé le long de son contact avec le granite à biotite ; on peut retrouver des gros feldspaths porphyroïdes à l'intérieur du granite à biotite. D'autre part, dans la région cartographiée comme zone à granite leucocrate, le granite à biotite n'est jamais totalement absent et, en plus des types à deux micas, il réapparaît souvent soit sous forme de petits massifs individualisés, soit sous forme, à son tour, de filonnets à bord nettement tranchés, ou de veines à bordures imprécises, à l'intérieur du type granulitique.

Ces aspects rappellent absolument les textures en traînées, en « Schlieren » des auteurs allemands [82] ou les « faciès de variation » de LACROIX [53].

MYLONITISATION MARGINALE DES MASSIFS GRANITIQUES

DESCRIPTION

L'étude en lames minces des gneiss œillés provenant des bordures des massifs de granite porphyroïde montre très fréquemment une structure cataclastique plus ou moins poussée du fond de la roche : Quartz en grains étirés, fond en mortier quartzo-feldspathique, mâcles tordues des feldspaths et flexion des clivages de la biotite qui se chloritise... Cette structure dénote un début de laminage qui est sans doute responsable de l'aspect orienté de la roche. Mais, en dehors de ces cas, on rencontre fréquemment des types mylonitiques.

Macroscopiquement, ce sont généralement des roches mésocrates ; plus rarement, quand il s'agit de types aplitiques, la roche est blanche ou rose (Agot). A l'affleurement, la roche apparaît, tantôt en dalles polies comme celles données par les gneiss à biotite (El Archeouat, Hajakh Dekhen...) tantôt avec un débit grossièrement schisteux (région de Gleibat Desmée). La cassure montre un fond de roche compact généralement noir, parfois bordeaux foncé, sur lequel se détachent des lits d'éléments blancs parfois un peu sinueux. Ces lits ont, quelques fois, l'allure de filonnets réguliers mais le plus souvent, ils sont formés par des chapelets d'yeux avec, de ci de là, de gros feldspaths. Le fond cryptocristallin arrive à dominer largement et il ne subsiste plus que des amygdales blanches éparses dans ce fond, parfois très clairsemées : une sur 20 cm₂ de roche par exemple (Hajakh Dekhen). La roche, très compacte, rappellerait alors quelque peu une amphibolite ou une roche microgrenue fraîche. Le plus souvent, l'aspect est celui d'un gneiss d'injection rubané ou œillé (Pl. XII fig. 2-3). Les types les moins affectés (sud d'Ak-joujt ou Grara el Jnoun par exemple) montrent encore nettement leur parenté avec le granite originel. Quand des schistes cristallins affleurent à proximité, on peut toujours constater que la direction soulignée par les alignements d'éléments blancs coïncident avec celle de la schistosité des roches encaissantes. En résumé, sur le terrain, on peut observer des types allant du granite écrasé, très orienté, à des types mélanocrates avec rares yeux quartzo-feldspathiques, plus rarement (à l'est de Zerlane) à des types d'allure nettement schisteuse ou quartzitique où aucun élément n'est plus discernable à l'œil nu.

Les types intermédiaires ont généralement des allures de gneiss œillés, parfois de gneiss rubané, les amygdales pouvant être dominantes ou, au contraire, exceptionnelles.

L'étude en lames minces montre des structures à résidus typiques ; suivant les types mentionnés ci-dessus, ces résidus sont évidemment de taille plus ou moins grande et en nombre variable. Les gneiss œillés de l'Hajakh Dekhen ou de Touijenjert correspondraient à des types où ces résidus sont encore presque automorphes et où le fond, formé de traînées de biotite orientée, serait peu broyé (Pl. XII - fig. 4).

Les phénocristaux résiduels sont surtout constitués de microcline avec quelques plagioclases déchiquetés à mâcles tordues, à extinction roulante ; les reliquats de quartz sont beaucoup plus rares ; ils sont alors étirés en amandes (El Archeouat) ou en bâtonnets anguleux, parfois groupés en amas, grossièrement ovoïdes, de petits grains emboîtés (est de Zerlane). Ces phénocristaux baignent dans un fond finement grenu constitué de ces mêmes minéraux avec un peu de séricite et de la « purée » isotrope jamais très abondante. Ces éléments s'agencent en traînées, en arabesques qui séparent les minéraux résiduels ; la biotite, de couleur verte, associée à des produits ferrugineux en lamelles déchiquetées, parfois « échevelées », forment des traînées orientées qui soulignent la direction de laminage (Pl. XII - fig. 5).

Souvent les minéraux broyés, notamment le quartz, ont commencé à recristalliser et à « cicatriser » le broyage ; ces débuts de recristallisation sont exceptionnellement absents (mylonite aplitique, peut-être tectonique d'Agot). Quand de l'amphibole est présente (Aguelt Sidi), elle est en lamelles déchiquetées, brisées ; les grenats (Hajakh Dekhen) sont également cassés et leurs fragments ont glissé les uns par rapport aux autres en tendant à s'aligner.

Tous ces faits dénotent toujours un laminage, un étirement de la roche suivant une direction et non pas un écrasement, un broyage non orienté. Les types de mylonites où tous les éléments sont broyés, méconnaissables (ultramylonites) n'ont jamais été observés.

L'analyse chimique ⁽¹⁾ de deux types mésocrates provenant du massif d'Aguelt Sidi-Hajakh Dekhen a donné les résultats ci-après (cf. tableau).

La mylonite n° 92 a pour paramètres I (II). (3)4.3.3' et sa composition correspond à celle d'un granite monzonitique à la limite d'une granodiorite ; son examen en lame mince montre d'ailleurs qu'elle ne contient pas de microcline.

Les paramètres de la mylonite n° 93 sont : I (II).4.2.3 et sont ceux d'un granite monzonitique courant. Ces résultats confirment ceux de l'étude en lame mince. Indiquons enfin les paramètres de NIGGLI correspondant à ces deux analyses.

(1) Analyses de M. PATUREAU.

N° 92 TYPE A RARES RESIDUS GÉILLES		N° 93 TYPE RUBANE		92	93
SiO ₂	66,95	70,10	Q	29,88	25,98
Al ₂ O ₃	15,30	13,50	Or	16,12	17,79
Fe ₂ O ₃	1,55	1,45	Ab	20,44	34,58
FeO	4,00	1,99	An	19,74	17,51
MnO	0,04	—	Cor	1,12	—
MgO	1,25	1,20	Ca SiO ₃	—	0,58
CaO	4,15	2,80	Mg SiO ₃	3,10	1,30
Na ₂ O	2,40	3,25	Fe SiO ₃	4,88	1,19
K ₂ O	2,70	4,70	Ma	2,32	0,46
TiO ₂	0,75	0,65	Ilm	1,52	0,61
P ₂ O ₅	0,02	0,03	Ap	0,34	0,34
H ₂ O + ...	0,50	0,65	An %	49	33
H ₂ O —	0,30	0,20	Or	0,40	0,33
	99,91	100,52	Plag.		

	si	al	fm	c	alk	k	mg
92	279	37,5	27,0	18,5	17,0	0,42	0,29
93	323	36,5	21,2	13,8	28,5	0,49	0,39

REPARTITION DE CES MYLONITES

De telles roches ont été notées à la bordure septentrionale du grand massif du Tijrit, dans la région d'el Archeouat ; elles sont abondantes sur les bordures de l'intrusion allongée qui s'étend presque méridiennement entre Bedmeijat, Gleibat Desmée, Zerlane, jusqu'à l'Amsékifa ; un petit massif granitique, au nord de Tislag, a une allure mylonitique ainsi que les roches de bordure du massif qui affleure à l'est de Tindiat... Mais, fait sur lequel il faut attirer l'attention, ces zones de mylonites sont les plus importantes dans les massifs granitiques qui sont intrusifs dans la série d'Akjoujt. Elles constituent la presque totalité d'un petit massif granitique de quelques kilomètres carrés, observable au sud d'Akjoujt, ainsi que des petits pointements visibles dans l'Amlil bou Kerch, à proximité de la grara el Jnoun. Mais c'est surtout dans la zone de contact du massif granitique de l'Hajakh Dekhen avec la Série d'Akjoujt qu'elles atteignent leur plus grand développement. L'intrusion granitique de l'Hajakh Dekhen, constitué essentiellement de granite porphyroïde avec un peu de granite à grain moyen, a une forme grossièrement circulaire ;

sur son pourtour, cela a déjà été dit, ce granite porphyroïde se transforme en gneiss œillé avec des signes de laminage et de recristallisation (quartz en puzzle, biotite en aiguilles brunes et non plus en lamelles parfois chloritisées). Plus périphériquement encore, ces gneiss œillés prennent progressivement un faciès rubané à « yeux disséminés » correspondant à des mylonites. Enfin, vers l'est, après quelques bancs de quartzites micacés, de cipolins, de micaschistes ayant échappé à la granitisation, se retrouve une deuxième bande, grossièrement subcirculaire, que l'on peut suivre du sud d'Agueli Sidi au nord du Rag el Abiod en passant par la grara el Kempche, formé presque exclusivement de mylonites avec quelques zones de gneiss œillés ou de granite franc. Le granite de l'Hajakh Dekhen semble donc enveloppé d'une double auréole de mylonites.

D'après ce qui vient d'être dit, ces mylonites sont donc essentiellement localisées sur le pourtour des massifs granitiques. Cette disposition est incompatible avec celle de grandes lignes de dislocation tectonique. Ces roches broyées semblent bien plutôt, d'après leur répartition, être en relation avec la mise en place des massifs granitiques ; ce sont des mylonites intraformationnelles identiques, par exemple, à celles que DURAND et RAGUIN [18] ont décrites sur les bordures du massif granitique du Pinet et que ces auteurs ont montré être indépendants de toute action tectonique ⁽¹⁾.

Relations existant entre les différents types de granites

A l'aide des observations précédemment rapportées, on va essayer d'établir quelles sont les relations existant entre les trois types de granite précédemment décrits.

RELATIONS EXISTANT ENTRE LES GRANITES PORPHYROIDES ET LES GRANITES A GRAIN MOYEN

L'examen en plaques minces d'échantillons de ces deux types montre une composition minéralogique analogue. Les analyses chimiques rapportées lors de la description de ces roches (cf. p. 130-134) confirment cette impression. Il n'y a donc aucune impossibilité à considérer ces deux granites comme deux faciès d'une même intrusion. Ceci est confirmé par l'existence de passages progressifs du type porphyroïde au type à grain moyen tels que ceux de la région de Char, qui ont été décrits plus haut.

Parmi d'autres auteurs, E. RAGUIN [80] a signalé, dans le plateau de Guéret, des passages identiques d'un granite grenu à un granite porphyroïde, avec faciès marginaux à allure de gneiss œillés ; L. BODIN [10] a appelé granites type Mankono ces granites porphyroïdes du centre de l'A.O.F. que plusieurs géologues ont vu passer progressivement à des formes grenues, et, en Gold Coast, le faciès porphyroïde du granite de Cape Coast est connu sous le nom de granite de Winneba [in ROQUES, 86]. Le granite porphyroïde qui constitue la marge septentrionale de la grande intrusion du Tasiast-Tijirit ne serait donc qu'un faciès du granite à grain moyen. Comme le massif de l'Hajakh Dekhen, essentiellement porphyroïde, contient quelques petits affleurements du type grenu, avec des formes de transition, il y a lieu de rattacher à cette même granitisation les massifs tels que celui de Tenachfouil-Touijenjert, qui ne montrent que le faciès porphyroïde.

RELATIONS EXISTANT ENTRE LE GRANITE A BIOTITE ET LE GRANITE LEUCOCRATE

L'existence de types intermédiaires, granite à deux micas à biotite plus ou moins abondante, rencontrés à Fask, à l'est d'Aroueyit, à l'est de N'Daouas, tend tout d'abord à faire rattacher ces deux types à une même granitisation. La comparaison des résultats d'analyses confirme cette hypothèse.

(1) L'apparition de cristaux de feldspaths dans les micaschistes au contact du granite du Pinet, qui lui aussi est porphyroïde, donnant des gneiss œillés bien différents du granite déformé, est une autre analogie entre ce granite et celui de l'Hajakh Dekhen (cf. paragr. horizon d'Agueli Sidi).

L'observation des « Schlieren » ne permet pas d'être aussi catégorique et place la discussion sur un plan plus général.

Les granites leucocrates du Tasiast ont beaucoup de points communs avec les « aplogranites » du pays de Man décrits par P. LEGOUX [57] : modes de gisement en massifs individualisés ou en injections, présence de grenat et de quelques grains de biotite, recristallisation d'une partie des quartz qui sont enchevêtrés en amas alors que quelques autres sont encore granulitiques.

Cependant, l'analyse d'une de ces roches (*op. cit.*, p. 49) indique une tendance plus alcaline. Cet auteur, se fondant sur la continuité des compositions chimiques des différents granites analysés, considère les « aplogranites » comme une variation de faciès du granite banal appartenant à un même cycle de granitisation.

M. ROQUES [86], décrivant des granites hétérogènes précambriens du centre de l'A.O.F., y a noté également des « différenciations allant de bouffées pegmatitiques diffuses à des ségrégations aplitiques sans contour net », des « textures fluidales » et dans le cas qui nous intéresse, cet auteur pense qu'il y a eu « multiplicité des venues éruptives dans un même massif où l'on peut observer plusieurs types de granites minéralogiquement différents se recoupant mutuellement. La succession la plus fréquente serait celle d'un granite à gros grain recoupé par des masses importantes d'un granite plus leucocrate ». Par ailleurs, PERRIN et ROUBAULT [77], qui ont décrit des contacts identiques entre un granite à amphibole et une granulite de Bretagne ne rejettent pas la possibilité que la granulite soit antérieure et qu'il y ait eu « un premier stade de granulisation » en pseudo-filons « avant-coureurs »...

Mon travail sur le terrain n'a pas été assez poussé pour que je puisse trancher entre ces deux opinions, mais ces deux groupes d'auteurs sont d'accord pour admettre que « ces deux stades ne sont que des épisodes d'un même phénomène » et mes observations confirment cette façon de voir, car, comment expliquer autrement cette interpénétration, ce mélange de deux types, les contours si tourmentés tels que ceux que reproduit la figure n° 27. D'autre part, le granite leucocrate donne, notamment à Adheiliet Ahmoud, des phénomènes de contact avec les schistes rattachés à la Série d'Akjoujt bien analogues à ceux que l'on observe, dans la même série, au contact du granite porphyroïde de l'Hajakh Dekhen et c'est là une similitude de plus à signaler entre les deux groupes de granites.

En conclusion, à la suite des observations précédemment rapportées, je pense que les trois granites de Mauritanie occidentale : granite grenu à biotite, granite porphyroïde et granite leucocrate, appartiennent à une même granitisation dont ils constituent, tout au plus, des phases successives.

INTERPRETATION DES ANALYSES CHIMIQUES

Les analogies de ces différents types de granites, comme leurs divergences, doivent se retrouver dans des diagrammes qui permettront, d'autre part, de les comparer avec les granites du reste de l'A.O.F.

PARAMETRES DE LACROIX

On peut avoir une vue d'ensemble de la composition chimique des feldspaths, sur laquelle est basée la nomenclature des roches éruptives quartziques, à l'aide du triangle K-N-C (fig. 32). Pour la construction de ce diagramme classique, je renvoie à l'ouvrage de R. FREY [21].

Les granites grenus du type Tijirit leucocrates se situent dans l'espace réservé aux granites akéritiques dont les paramètres types sont : I - II ; 3 - 4 ; 2 ; 3 avec Or

$$\frac{\text{---}}{\text{Pl.}} < 0,60$$

Les granites porphyroïdes et la mylonite 93, qui est d'ailleurs vraisemblablement une mylonite de granite porphyroïde, se groupent dans l'espace figurant les granites monzonitiques. La deuxième mylonite est également dans cette zone, mais se rapproche de la case des granodiorites.

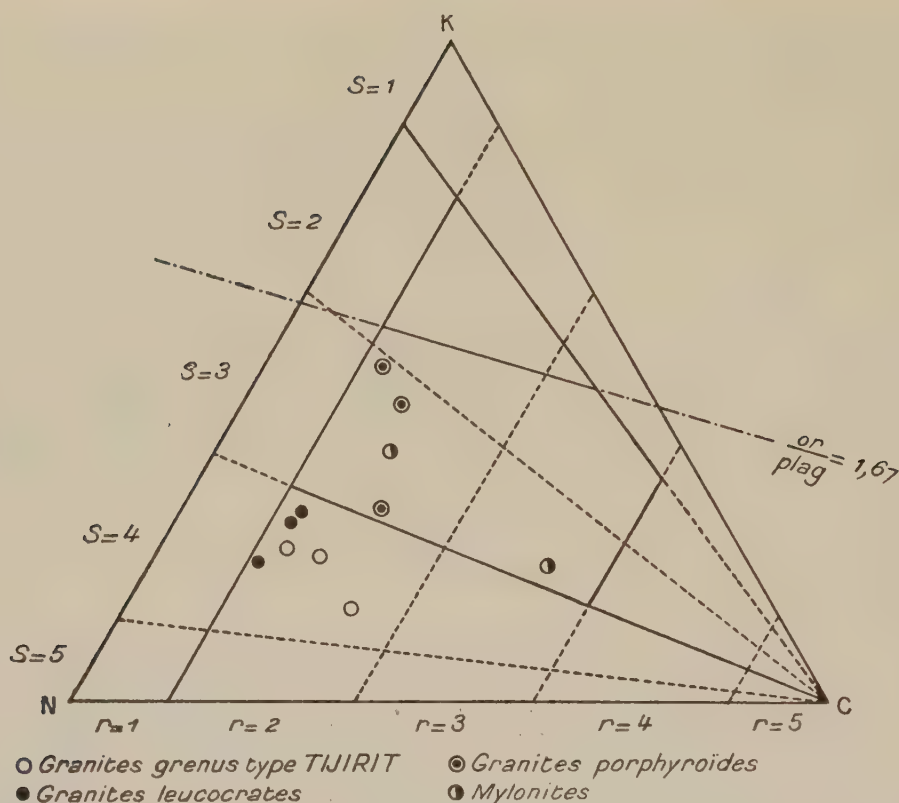


Fig: 32

Les termes de cette nomenclature sembleraient indiquer une coupure entre les granites grenus du type Tijirit et les granites leucocrates d'une part, les granites porphyroïdes d'autre part, mais l'examen du diagramme montre que ces roches forment une série chimique continue, pour laquelle les valeurs extrêmes de $\frac{K_2O}{Na_2O}$ varient de 0,235 à 1,49-, ce qui confirme les observations de terrain.

PARAMETRES DE NIGGLI

Si l'on admet, d'après les observations faites sur le terrain et au laboratoire, que ces différents granites appartiennent à un même ensemble, il est commode d'étudier les variations de composition des différents types en utilisant le diagramme classique de NIGGLI où les paramètres al , fm , c et alk , définis par cet auteur, sont portés en ordonnée alors que le paramètre si est figuré en abscisse.

On obtient ainsi des courbes (fig. 33) qui, une fois extrapolées (fig. 34) ont la même allure que celles tracées, par d'autres auteurs, pour figurer les variations de composition à l'intérieur d'autres grands massifs granitiques : la courbe figurative de al , qui a sensiblement l'allure d'une droite, croît doucement, alors que la courbe fm décroît régulièrement pour tendre vers l'asymptote $fm = 10$; par ailleurs, la courbe figurative de c décroît également pour tendre vers une asymptote où c aurait la valeur 6. L'analyse n° 72 indiquerait une chute rapide de c , mais faute d'analyse de types assez basiques, on ne peut se prononcer sur cette hypothèse. La courbe $alk = f(si)$ croît très régulièrement.

Sur le diagramme figurant les courbes réelles (fig. 31), les courbes $al = f(si)$ et $fm = f(si)$ ne se coupent pas : leur point d'intersection se trouverait plus à gauche, c'est-à-dire qu'il correspondrait à des valeurs plus faibles de si , à des roches plus basiques. Cela traduit un état de faits : en Mauritanie occidentale, les termes les plus basiques, tels que, par exemple, les granites à amphiboles, manquent.

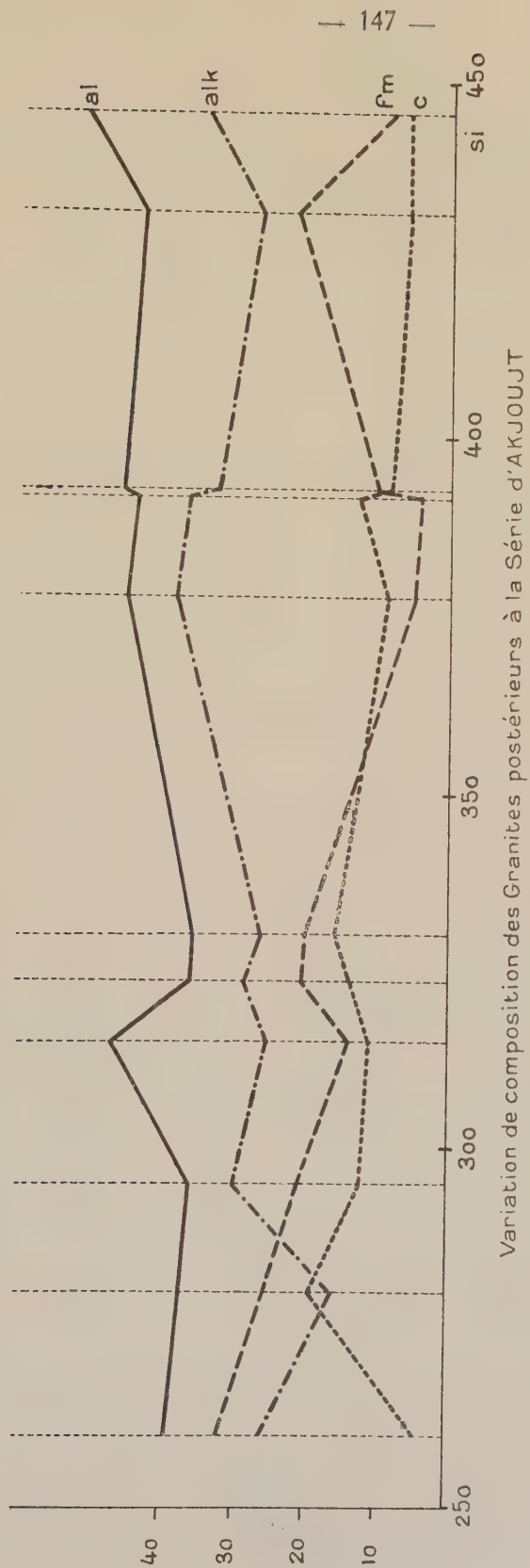
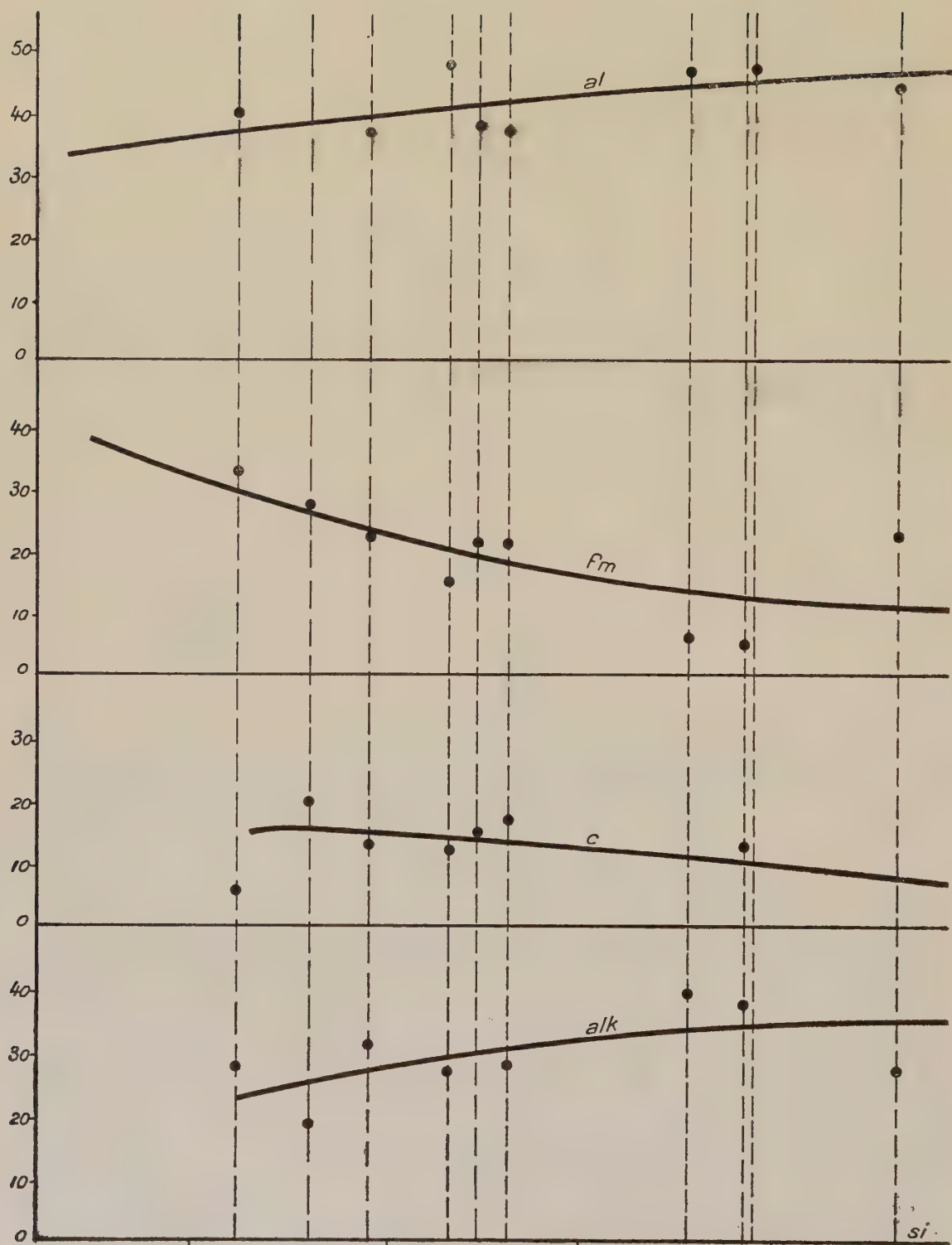
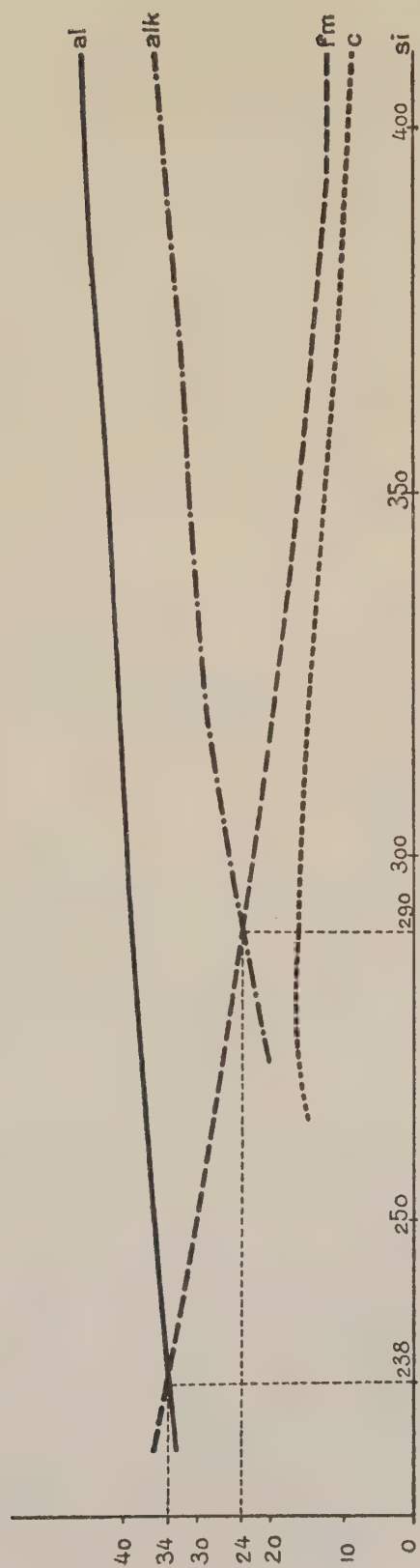


Fig:33



Granites postérieurs à la Série d'AKJOUJT - Paramètres de NIGGLI
 Courbes extrapolées

Fig: 34



Granites postérieurs à la Série d'AKJOUJT
— Points remarquables des courbes extrapolées

Fig:35

Pour obtenir le point d'isofalie, j'ai été amené à prolonger, assez arbitrairement, les courbes extrapolées $al = f (si)$ et $fm = f (si)$ (fig. 35). On trouverait ainsi un point d'isofalie pour lequel : $al = fm = 34$ et $si = 238$. Un autre point remarquable est l'intersection des courbes $alk = f (si)$ et $fm = f (si)$ qui a lieu pour $si = 290$ et $alk = fm = 24$.

Le diagramme $k - mg$ (fig. 36) montre que les points représentatifs de ces différents granites se groupent bien, mais qu'à l'intérieur de cette zone représentative, on peut délimiter des groupements secondaires correspondant aux différents types précédemment décrits.

Ces différents graphiques permettront, dans la onzième partie de ce travail, de comparer les granites post-akjoujtis de Mauritanie occidentale aux granites postbirrimiens du reste de l'A.O.F.

Contact du granite avec les roches de la Série de l'AMSAGA :

Ces granites ont, sur la bordure de leurs massifs, donné lieu à des phénomènes de contact avec les différentes roches encaissantes, phénomènes qui méritent d'être relatés avec quelques détails car ils permettent d'essayer de les dater relativement aux roches précédemment décrites.

Granites postérieurs à la Série d'AKJOUJT

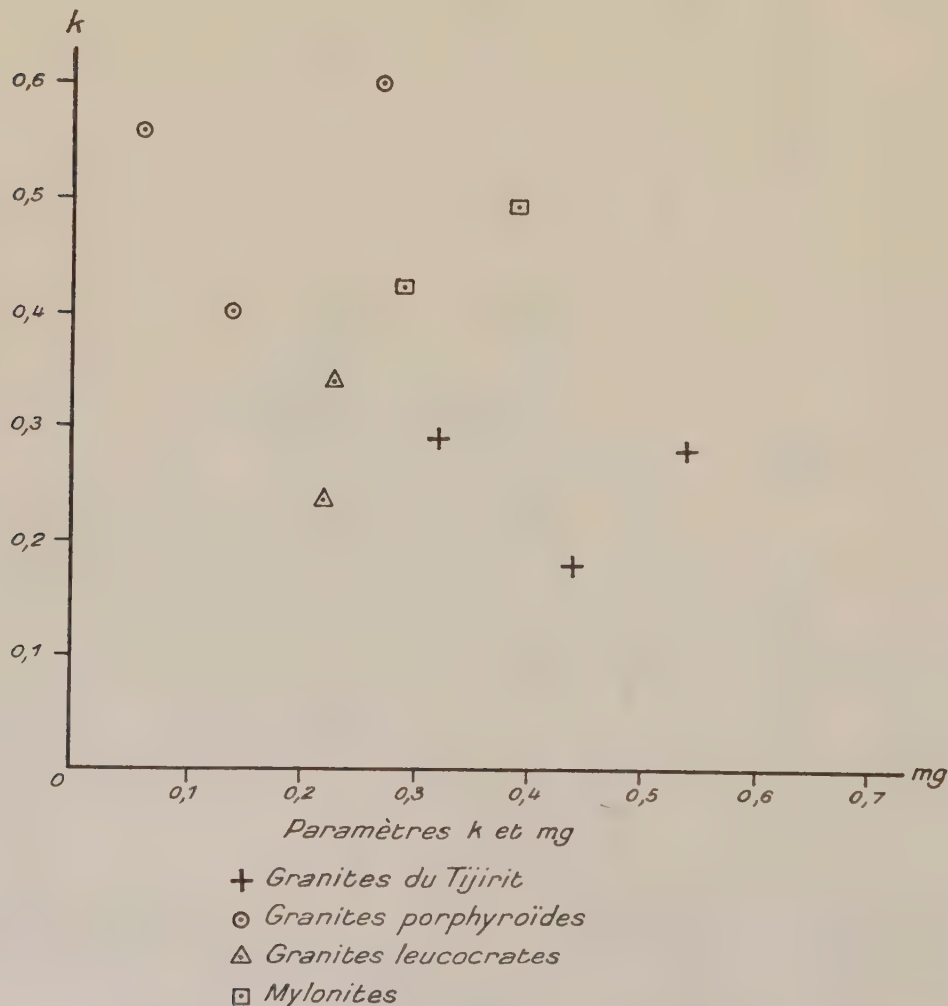
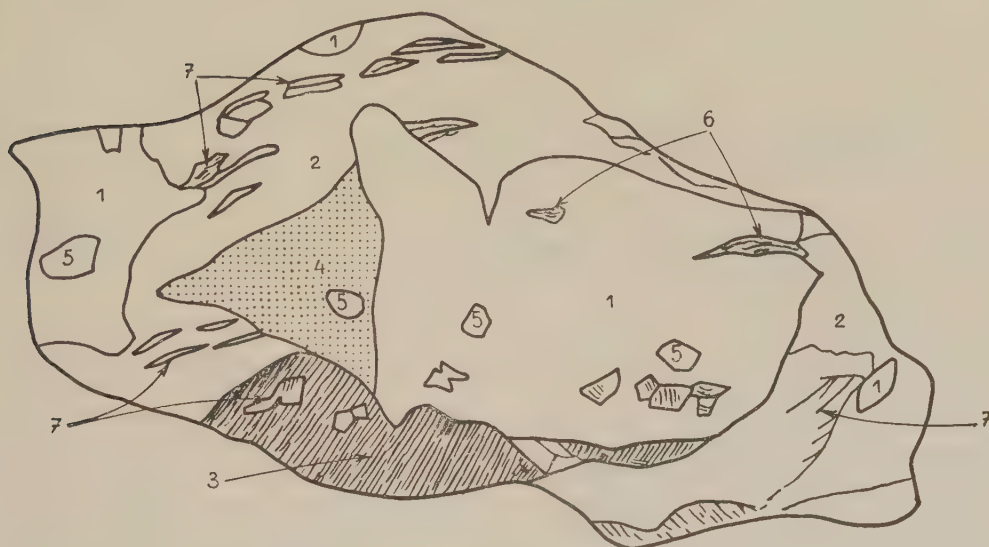


Fig: 36

DESCRIPTION

Dans la Série de l'Amsaga, on a décrit successivement des quartzites, des calcaires métamorphiques (ou des roches s'y rattachant), des gneiss à cordiérite et sillimanite et des leptynites. Les relations de ces différents groupes de roches avec le granite vont être examinées.

AQUINET EM MLIS. Filonnets de granite dans des micaschistes à muscovite.



- 1 — *Aplite rose*
- 2 — *Micaschiste typique*
- 3 — *Zone noire de nature indéterminée avec quelques grandes lames de muscovite*
- 4 — *Aplite grise, très micacée*
- 5 — *Quartz globuleux*
- 6 — *Apophyses des micaschistes*
- 7 — *Lames de muscovite parfois plissotées*

Fig: 37

CONTACT DU GRANITE AVEC LES QUARTZITES FERRUGINEUX

Rappelons que ces roches n'affleurent qu'au Tiris, où les granites sont peu développés. Aussi n'ai-je pu observer qu'une fois le contact des granites et des quartzites ferrugineux ; c'est entre guelb el Mohéra où des quartzites à hématite et magnétite constituent les crêtes de trois petites collines dont la base est constituée par du granite porphyroïde, à biotite, à gros feldspaths roses. Les quartzites, comme cela se passe généralement (28), ont bien résisté à la granitisation, de sorte que ni eux ni le granite n'ont été modifiés ; le contact est nettement tranché et on a une structure en « roof pendant » analogue à celle que l'on voit dans les contacts également observables au Tiris, entre les quartzites ferrugineux et les gneiss.

La présence de magnétite n'a aucune signification puisqu'on la rencontre également dans un grand nombre de quartzites ferrugineux du Tiris situés loin de toute intrusion granitique.

CONTACT DU GRANITE AVEC LES CALCAIRES METAMORPHIQUES ET LES SCHISTES CRISTALLINS DERIVANT DE SEDIMENTS CALCAIRES

Au sud-ouest de Touijenjert, une enclave de calcaires métamorphiques passant latéralement à une amphibolite a été observée (cf. p. 34). Mais ces roches ne paraissent pas modifier par le voisinage du granite ; cela tient sans doute à leur composition essentiellement calcaire puisque la calcite constitue la presque totalité de la roche et au fait qu'elles avaient déjà été affectées par le métamorphisme régional antérieurement à la granitisation : elles étaient déjà à l'état de cipolins qui représente un stade ultime du métamorphisme tant de contact que régional. Les quelques cristaux d'amphibole observables dans les granites porphyroïdes de cette région sont peut-être dûs à la « digestion » de ces calcaires mais il n'y a là rien de certain, l'affleurement des calcaires étant trop irrégulier et trop restreint pour qu'on puisse imaginer son prolongement à travers le granite.

Les gneiss à diopside précédemment décrits n'affleurent pas à proximité du granite mais, par contre, les pyroxénites d'Arouenit sont au contact d'un massif granitique. Or, leur étude en plaques minces révèle qu'elles contiennent des lames de wollastonite, minéral considéré comme caractéristique du métamorphisme de contact et absent des roches affectées uniquement par le métamorphisme régional [11]. Il est donc vraisemblable qu'en ce point les effets du métamorphisme de contact, signalé par la wollastonite, se sont ajoutés, en deuxième lieu, à ceux du métamorphisme régional et la présence de ce minéral permet de conclure à la postériorité des granites par rapport aux parapyroxénites.

CONTACT DU GRANITE AVEC LES MICASCHISTES D'AOUINET EM MLIS

La petite tache de micaschistes à muscovite d'Aouinet em Mlis se trouve sur sa bordure sud, en contact avec un massif de granite. La ligne de contact n'est pas nette mais très floue, avec des zones mylonitiques ; des loupes de granite, de quelques mètres de longueur, percent très fréquemment toute la partie méridionale de ce massif de micaschistes. Le phénomène se retrouve à une échelle plus petite : le granite pénètre à l'intérieur des micaschistes et donne quelquefois des « injections lit par lit » ⁽¹⁾ où des bandes de granite rose de quelques millimètres d'épaisseur sont séparées par des lits de muscovite. Le plus souvent, le phénomène n'a pas cette apparence régulière et on obtient des roches à schistosité tourmentée, très jolies à voir puisqu'au milieu des grandes lamelles argentées de muscovite se détachent des lentilles très contournées, à bords imprécis, de granite rose (fig. 37).

Ce granite contient localement des cristaux de muscovite ; à son contact, le micaschiste prend parfois une teinte brun violacé ferrugineuse avec des micas verdâtres. En d'autres points, on peut observer, à l'intérieur des micaschistes, des bancs de gneiss d'un type particulier qui ont été vus également au contact du granite ; ce contact est indécis et parfois ces gneiss semblent « passer » au granite. En dehors de ces termes de passage, ce sont des roches rose violacé, très cristallines, à cassure saccharoïde ne montrant aucune orientation.

Le granite de ces petites loupes, vu au microscope, montre une structure grenue, très irrégulière mais non porphyroïde, avec des quartz de toutes tailles, beaucoup de microcline, de l'orthose kaolinisée (rappelons que le granite typique est toujours à microcline) un peu d'oligoclase à antiperthite de microcline, des grosses lames souvent effrangées de muscovite et de la limonite localisée en grandes plages. À défaut d'analyses chimiques, qui auraient permis de comparer la teneur en silice et en potasse avec celle des granites voisins, il est difficile de préciser les modifications de composition qu'a pu subir ce granite. Cependant, quelques déductions peuvent être tirées de l'étude en lames minces : le quartz semble plus abondant et surtout plus localisé, plus concentré en amas que dans le granite courant ; il provient peut-être partiellement du micaschiste ; la taille des cristaux de mica blanc visibles dans les échantillons macroscopiques et leurs pourtours déchiquetés donnent à penser que la muscovite de ce granite provient du micaschiste, mais la présence non loin de là de granulite, ne permet pas d'être affirmatif.

(1) Je n'attache à cette expression qu'une valeur descriptive qui ne préjuge nullement du mode de mise en place du granite à l'intérieur du micaschiste.

Une plaque mince taillée dans le micaschiste à proximité d'une petite lentille de granite montre, en plus de la muscovite, l'apparition de biotite en fines aiguilles brun rouge, mica absent normalement de ce gisement de micaschiste, et de la matière ferrugineuse.

Quoique la cordiérite n'ait pas été observée, le métamorphisme de contact, souligné par l'apparition de biotite et la couleur de ce mica (biotite des cornéennes) ne semble pas douteux non plus dans ce cas.

L'étude en lame mince de la zone de contact même du micaschiste et du granite, lame taillée sur les bords d'une apophyse du granite dans le schiste micacé, montre une structure à résidu, les minéraux résiduels étant du quartz à extinction roulante et de grandes lames déchiquetées de muscovite à clivages tordus; fréquemment, les plages de mica sont fragmentées par d'assez larges filonnets de matière phylliteuse de part et d'autre desquels se prolongent les contours et les clivages de la muscovite; de nombreuses gouttelettes micropegmatitiques de quartz sont fréquentes dans ce mica (Pl. XIII - fig. 4); on observe également de l'albite bien formée et des squelettes de plagioclases (oligoclase) très altérés; je n'ai pu décider s'il s'agissait de feldspaths en cours de destruction ou de feldspaths en train de cristalliser; de grandes traînées de séricite avec des lames de chlorite, occupent toute une partie de la préparation se groupant parfois en gros sphérolites.

Si l'on compare cette plaque à une lame taillée dans le micaschiste sain, on a l'impression que les micas sont rongés simultanément par leurs bords et à l'intérieur sans que l'on puisse prévoir quel sera le résultat final de cette destruction (Pl. XIII, fig. 4).

L'étude au microscope d'un de ces gneiss signalés plus haut montre que cette roche est entièrement recrystallisée avec une structure granoblastique parfaite sans orientation; le quartz et le microcline forment la presque totalité de la roche avec un peu d'albite (?) non mâlée et de biotite verte. Les feldspaths englobent très fréquemment des grains de quartz (Pl. XIII, fig. 3). La position de cette roche, sa grande teneur en microcline, la structure criblée des feldspaths, permettent de l'interpréter comme une cornéenne de contact micaschiste-granite; le microcline se serait formé aux dépens de la muscovite du micaschiste [28].

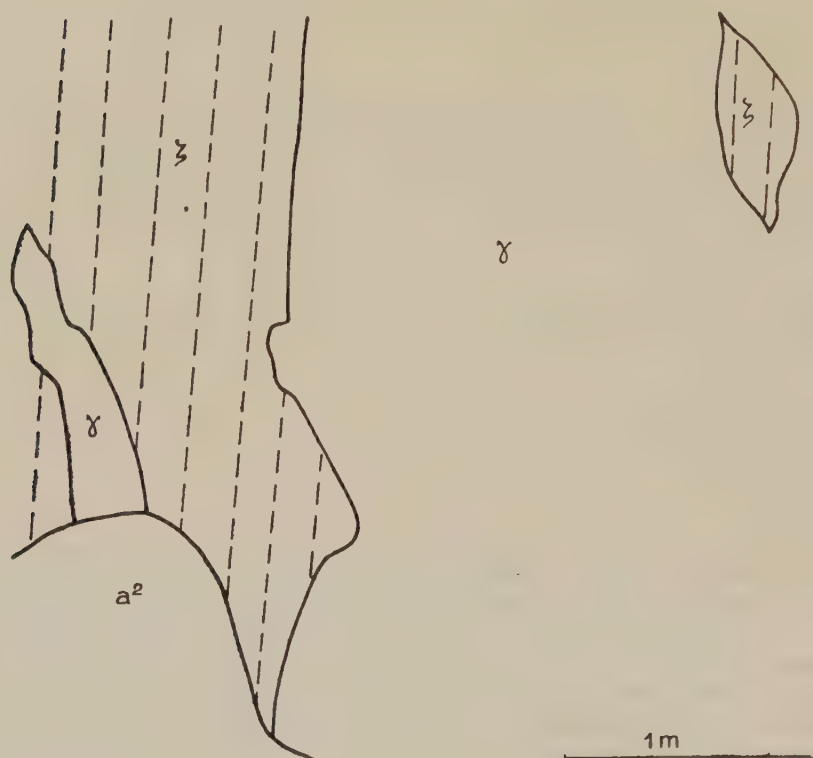
On verra que ce métamorphisme de contact est nettement différent de celui que l'on peut observer soit dans l'horizon d'Agueli Sidi, soit à Adheilet Ahmoud, où il n'y a pas apparition de filonnets granitiques dans les micaschistes mais développement de feldspaths individualisés donnant des leptynolites et des gneiss. Cela provient de ce que, dans ces deux régions, les micaschistes sont eux-mêmes des produits du métamorphisme de contact dérivant de chloritischistes — le terme: schistes micacés serait plus exact —, alors qu'à Aouinet em Mlis le granite s'est mis en place dans les micaschistes déjà formés. Le métamorphisme de contact a suivi un métamorphisme régional plus prononcé que celui qui a affecté la Série d'Akjoujt. Il y a donc lieu de ne pas considérer les micaschistes d'Aouinet em Mlis comme un lambeau de la Série d'Akjoujt, mais de les rattacher au socle, c'est-à-dire à la Série de l'Amsaga.

CONTACT DU GRANITE AVEC LES GNEISS A CORDIERITE ET SILLIMANITE

Ce contact a été observé en trois points: à Ioulguend, à l'ouest immédiat des Gleibat Oum Khamlet et dans la région de guelb Azefal, Dar el Kelb. A Ioulguend, le cas est un peu particulier, puisqu'il s'agit d'un granite calcoalcalin à deux micas et à tourmaline (Pl. XIII, fig. 1).

Les collines nord de Ioulguend sont formées de gneiss à cordiérite et sillimanite très abondantes; ces deux minéraux arrivent à constituer la totalité de la roche. Le pourtour du massif granitique qui environne ces hauteurs est très irrégulier, avec de nombreuses apophyses. La colline méridionale de Ioulguend, située sur le prolongement des bancs de gneiss à cordiérite, est constituée par ce granite à tourmaline. Macroscopiquement, il n'offre rien de particulier. Mais, en plaques minces, à côté du quartz, des feldspaths (microcline et oligoclase), des micas et de la tourmaline, se rencontrent des grains de cordiérite avec des inclusions de sillimanite en fibres; un cristal d'andalousite a même été observé (Pl. XIII, fig. 2).

4Km à l'ouest de TOUJOUNINE es SEGHIR
Contact de gneiss à biotite et de granite porphyroïde



a^2 - *Sable*

γ - *Granite porphyroïde*

z - *Gneiss à biotite*

Fig: 38

Le point de récolte de l'échantillon et l'absence de ces minéraux alumineux dans les granites du cœur de l'intrusion, ayant par ailleurs la même composition minéralogique, donnent à penser que c'est là un faciès d'endomorphisme de ce granite qui a pris la place des roches à cordiérite et sillimanite avec une recristallisation partielle de ce dernier minéral.

Aux Gleibat Oum Khamlet, des apophyses pegmatitiques pénètrent à l'intérieur des gneiss à cordiérite jusqu'à cinq ou six mètres de leur contact avec le granite ; des feldspaths non orientés et automorphes apparaissent dans ces gneiss qui, par ailleurs, ont une texture bien litée. La zone de contact elle-même est constituée par une roche à texture granitique mais qui rappelle beaucoup, par ses caractères extérieurs (surface d'érosion et surtout couleur), les gneiss voisins. En lames minces, cette roche montre une structure largement grenue, identique à celle du granite franc avec du quartz, du microcline à perthite fusiforme très abondant, de l'oligoclase avec de nombreuses myrmékites ; mais, en plus de ces minéraux cardinaux, on observe de gros cristaux de cordiérite avec des zircons à auréoles très pléochroïques et les produits d'altération typique de la cordiérite et des inclusions de sillimanite, et, en plus, quelques cristaux d'andalusite ⁽¹⁾ (Pl. III, fig. 6). Comme autre particularité, signalons que la biotite, brun rouge, et très pléo-

(1) Détermination vérifiée à la platine de FÉDOROF par M. ROQUES.

chroïque, a recristallisé en s'insinuant dans les fissures entre les feldspaths, ce qui est typique du métamorphisme de contact (ROQUES, *in litt.*). L'andalousite proviendrait pour la même raison de la recristallisation de la sillimanite.

A Dar el Kelb, non loin de guelb Azefal, les bancs de gneiss à sillimanite, dont la direction et le pendage sont bien marqués, entrent brutalement en contact avec le granite (porphyroïde en ce point) dont les contours en cet endroit ne sont pas subconcordants. On a une impression de contact à « l'emporte-pièce ». Le granite est grenatifère. Les roches, pas assez saines, n'ont pas été échantillonnées en ce lieu, mais, non loin de là, le guelb Azefal est constitué par un granite rose, qui retient l'attention par ses gros quartz vitreux, ses enclaves sombres, sa grande hétérogénéité. Une plaque mince taillée dans cette roche montre une très curieuse micro-enclave (Pl. III, fig. 5) formée de sillimanite en fibres non orientées (origine primaire) avec un peu de biotite brune très pléochroïque et de gros spinelles verts (pléonaste ou hercynite) associés à la magnétite, le fond de l'enclave étant composé d'orthose à micropertithe et d'oligoclase ; le reste de la plaque mince est constitué par du granite typique, à quartz nettement granulitique et à orthose avec micropertithes. C'est là manifestement un résidu, « non digéré » par le granite, des

Affleurement observé entre CHAR et Guelb DIAGO
— Contact de gneiss à biotite et de granite porphyroïde

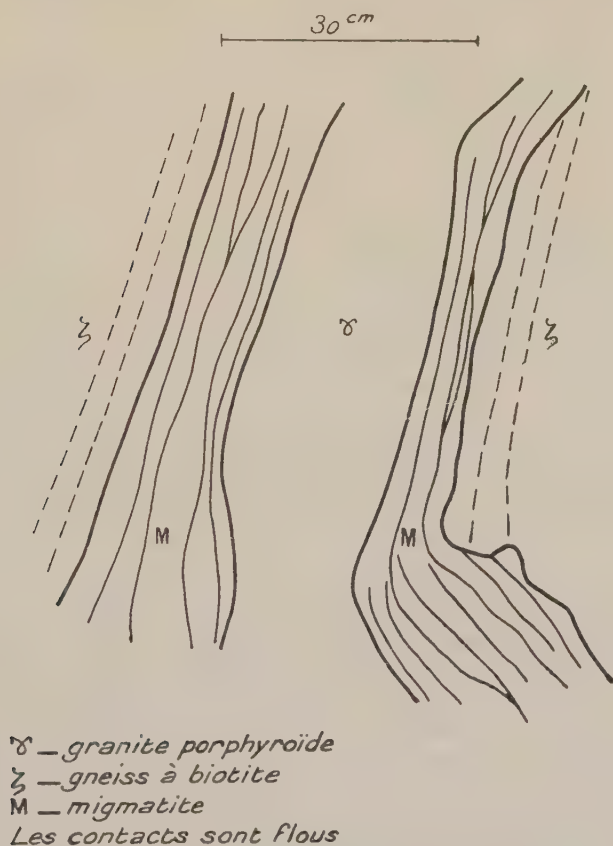


Fig:39

gneiss à sillimanite proches. Il faut noter la présence, dans l'enclave, de pléonaste voisin de la silice libre du granite, observation en opposition avec les idées d'HARKER [28] qui pense que ce minéral ne se forme que si la silice est déficiente.

Les deux premières roches ont été analysées par M^{me} MARTINET, Chimiste de la Direction fédérale des Mines de l'A.O.F.

Voici les résultats obtenus :

94 — granite à cordiérite et tourmaline de Ioulguend ;

95 — roche de contact de Gleibat Oum Khamlet.

Composition chimique :			Paramètres de NIGGLI :		
	94	95		94	95
SiO ₂	73,00	58,80	si	417	223
Al ₂ O ₃	14,45	22,20	al	48,6	49,7
Fe ₂ O ₃	2,75	1,70	fm	16,1	20,3
FeO	0,50	3,90	c	4,5	6,4
MgO	0,15	2,25	alk	30,8	23,5
CaO	0,70	1,55			
Na ₂ O	3,10	3,40	k	0,44	0,46
K ₂ O	3,80	4,45	mg	0,09	0,63
TiO ₂	0,10	0,70			
H ₂ O + ...	1,10	1,50			
H ₂ O —	0,15	0,30			
TOTAL	99,80	100,75			

CONTACT DU GRANITE AVEC LES LEPTYNITES GRENATIFERES

Ces roches ne sont visibles au contact avec le granite qu'en un seul endroit : le long de l'intrusion mince et allongée de la région des Zerlane, Gleibat Desmée. Sur le terrain, je n'ai rien noté de particulier. Cependant, L. BODIN a attiré mon attention sur la plaque mince d'un échantillon qui, sur le terrain, avait été considéré comme une mylonite marginale car, macroscopiquement, il se présente avec une schistosité bien marquée, sa cassure est très finement litée, avec des fines couches de biotite en très petits cristaux et, par endroits, des amygdales irrégulières de feldspath rosé ; la couleur générale de la roche est gris clair. En résumé, elle a l'apparence d'un granite schisteux, très écrasé. Mais le microscope n'y décèle aucune trace d'écrasement : la structure est finement granoblastique et la roche est composée essentiellement de quartz et de microcline très abondant, sans trace de purée cataclastique ; à côté de ces minéraux, s'observent de petits lépidoblastes orientés de biotite brune ; ce fond englobe quelques résidus de plagioclase très séricitisés, indéterminables (oligoclase ?) avec des croûtes de myrmékite (Pl. XIII, fig. 5). Cette roche rappellerait les « embréchites leptynitiques » décrites par M. ROQUES [84]. Mais, comme aucun phénomène d'anatexie n'est observable dans cette région, et, étant donné le point de récolte de cet échantillon, il y a lieu de le considérer comme un faciès de contact du granite et des leptynites qui affleurent largement en ce lieu, de part et d'autre de l'intrusion granitique.

CONTACT DU GRANITE AVEC LES GNEISS CALCOALCALINS A BIOTITE

Dans ce cas, les deux groupes de roches ont des compositions minéralogiques très proches, aussi ne peut-on pas mettre en évidence, au laboratoire, de phénomènes de contact ou d'endomorphisme. Cependant, il subsiste des enclaves de gneiss à l'intérieur des massifs granitiques, particulièrement bien visibles quand elles sont prises dans des granites porphyroïdes, et ce sont ces enclaves, avec les éventuelles modifications de structure de la roche composante, qui vont être décrites en deux points : dans la région de Ténachfouil, d'une part, et entre Char et la frontière orientale du Rio de Oro, d'autre part.

Près de Ténachfouil, le contact du granite porphyroïde avec les gneiss encaissants est très net, à l'emporte-pièce. On peut observer fréquemment des blocs de roche présentant les deux types pétrographiques séparés par une ligne très nette. Il est difficile de détacher un échantillon mixte de ces blocs qui, au choc du marteau, se séparent le plus souvent suivant le plan de contact (Pl. XV, fig. 3).

Un peu plus au nord, dans l'Amsékifa, à l'ouest de Toujnine es Srir, la ligne de contact est également nette (fig. 38) et coïncide sur sa plus grande longueur avec la direction de gneissification. Mais, d'une part, dans les gneiss, on rencontre une petite apophyse de granite porphyroïde, recoupant la stratification, et, d'autre part, à environ trois mètres de la ligne de contact, on note une petite enclave de gneiss dans le granite. Dans tout le massif, d'ailleurs, on peut noter de pareilles enclaves lenticulaires, ne dépassant pas vingt mètres suivant leur plus grande longueur. Les bords en sont toujours nets, bien tranchés ; le gneiss, plus compact, a mieux résisté à l'érosion que le granite porphyroïde qui l'encaisse, de sorte que l'enclave se détache souvent avec un léger relief. La texture du gneiss n'a pas été modifiée et il est identique à ceux qui affleurent au-delà du massif granitique (enclaves énallogènes) (Pl. XV, fig. 5).

Région de Char : Là encore on retrouve, à l'intérieur du grand massif granitique qui s'étend jusque et au-delà de la frontière, des enclaves de gneiss à biotite, mais, alors que dans la région de Ténachfouil elles sont petites et semblables comme texture aux gneiss environnants, ici ces septa sont beaucoup plus grands et l'un d'eux atteint des dimensions cartographiables puisqu'il s'étend du guelb Leguenet jusqu'à l'est de guelb Diago ; de plus, les gneiss constituant ces enclaves ont une texture rubanée analogue à celle des migmatites (Pl. XIV, fig. 2-4).

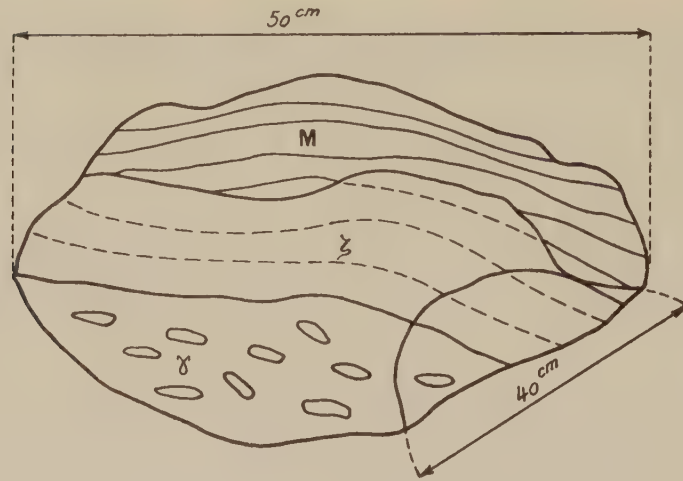
Un examen plus poussé montre que ces migmatites s'intercalent entre le granite et les gneiss typiques avec tous les passages intermédiaires (fig. 39).

On se trouve en présence de gneiss recoupés par un grand nombre de petits filons de granite porphyroïde à bordures migmatitiques ; le stade des nébulites est parfois atteint. Les plaques minces, suivant le point où elles ont été taillées, montrent soit une structure typiquement gneissique, soit une structure de granite très orienté, avec un étirement très marqué des minéraux (Pl. XV, fig. 2).

Enfin, signalons que L. BODIN a attiré mon attention sur l'aspect de la biotite d'un gneiss provenant du puits de Liboirat : elle est très pléochroïque et sa teinte varie du jaune pâle au brun rouge ; elle rappellerait celle des cornéennes. Quand ce minéralogiste fit cette remarque, il est à noter qu'il ignorait les conditions de gisement de cette roche qui se trouve précisément dans des gneiss à biotite à quelques dizaines de mètres du granite, ici, à grain normal.

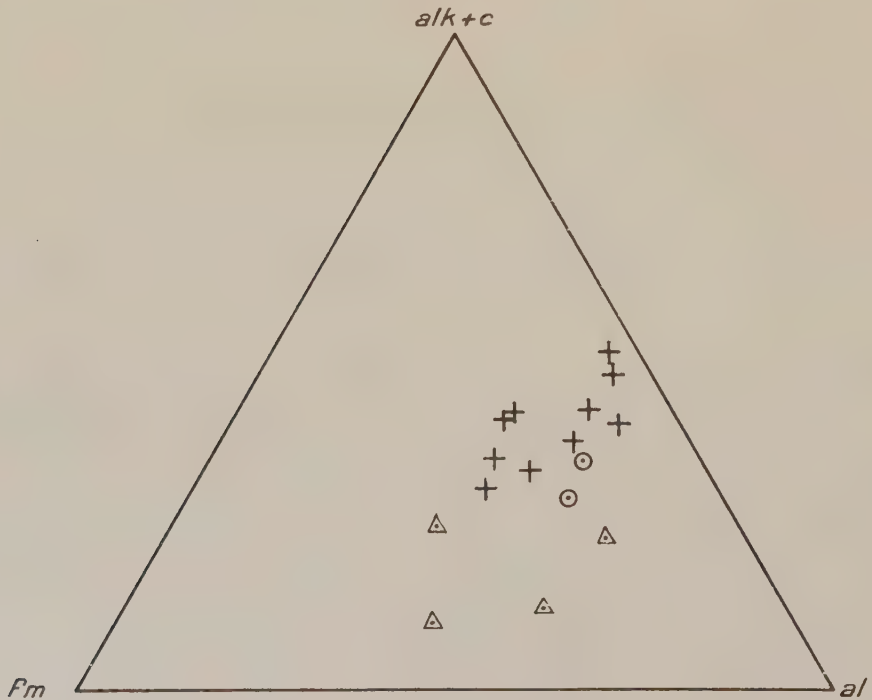
Les apparences de migmatites observées à l'ouest de Char nous conduisent à poser la question de l'origine des différents faciès migmatitiques que nous avons signalés lors de la description des gneiss à biotite (p. 47). Celle des migmatites de la région de guelb Leguenet ne laisse que peu de doute à cause du passage progressif du gneiss au granite : ce sont des enclaves endopolygènes que, si j'anticipe quelque peu sur mes conclusions, il est possible de rapprocher des migmatites birrimiennes signalées par M. ROQUES [86]. Mais cette origine n'est pas nécessairement celle de toutes les migmatites qui ont été cartographiées : beaucoup de celles-ci, comme celles par exemple de l'Adam Tamat ou de la région d'Iguerch, sont éloignées de tout granite post-akjoujien et donc sans liaison avec lui. Elles devaient exister avant sa mise en place et seraient à rapprocher des migmatites dahomeyennes, connues dans tout le Précambrien d'A.O.F. sans qu'on les ait jamais vues passer à un granite d'anatexie [86].

Bloc observé entre TOUYERMA et Guelb ABOUL



- γ — Granite porphyroïde orienté
 ζ — Gneiss à biotite
M — Migmatite rubanée

Fig:40



Contact Granites-Gneiss à cordièrite et sillimanite

Diagramme $alk+c, Fm, al$

+ Granites

Δ Gneiss à cordierite et sillimanite

⊙ Roches de contact

Fig:41

L'origine d'autres champs de migmatites, comme celle de Kalla, est impossible à préciser. Par contre, il nous semble qu'il faille également rattacher aux migmatites birrimiennes celles qui forment une longue bande allant d'Hajakh el Hajakh à Touyerma en passant par Agmiminat, où elles sont remarquablement observables. Le passage au granite porphyroïde est très progressif et, dans la région de Touyerma par exemple, on ne peut dire avec précision si l'on est en présence de granite ou de gneiss migmatisé. Par contre, entre Zidane et Ioulguend, en deux cents mètres, on passe du granite porphyroïde franc à un gneiss à biotite typique par l'intermédiaire de migmatite œillée. Le passage peut même être très rapide, sur quelques décimètres. La figure 40 montre même un cas aberrant où la migmatite est séparée du granite par une bande de gneiss intact. Une autre remarque est à faire quant à cette bande de migmatites : ROQUES [86] insiste sur la nature « intrabatholitique » des migmatites birrimiennes ; or, celles de Touyerma sont plutôt en bordure du granite. Cependant, étant donné leur passage bien observable au granite, elles paraissent bien en liaison avec lui. On peut admettre, pour expliquer ce fait, que le toit du batholite n'est pas loin de la surface topographique ; cette hypothèse serait confirmée par l'affleurement d'un « stock » granitique non loin de là, à l'est de Bouirould Mahé.

CONTACT DU GRANITE AVEC LES GNEISS A HYPERSTHÈNE

Le massif granitique de Ténachfouil-Touijenjert-Modreigue n'est pas seulement intrusif dans des gneiss à biotite, mais également dans une zone de gneiss à hypersthène qui affleurent largement vers le nord de ce granite ; cependant, au sud, il en subsiste un petit lambeau et la colline méridionale de Ténachfouil elle-même est constituée par un gneiss à hypersthène typique. Sur la carte, le raccord, à travers le granite, entre le lambeau sud et la zone nord de gneiss à hypersthène est aisé.

Un peu au nord de Ténachfouil, entre Agrour el Dhib et Touijenjert, on peut observer un granite mésocrate dont les types les plus sombres rappellent, par leur couleur, les gneiss à hypersthène, mais la texture est largement grenue, parfois à tendance porphyroïde. En s'avancant vers Touijenjert, la tonalité de la roche s'éclaircit ; il se développe un abondant fond feldspathique rose et on passe progressivement au granite normal de cette région. L'étude en lames minces (Pl. V, fig. 3-4) montre une structure largement grenue, avec parfois quelques zones de quartz recristallisé ; mais la composition minéralogique est celle des gneiss à hypersthène : quartz, microcline, plagioclase (oligoclase ou andésine), apatite parfois remarquablement abondante ; la biotite brune et recristallisée en aiguilles est différente de celle des granites, qui est verte et en lamelles. Ces roches pourraient être interprétées comme des résidus granitiques non métamorphisés des gneiss à hypersthène, mais leur association au massif granitique de Touijenjert les fait bien plutôt considérer comme un faciès d'endomorphisme de ce granite, résultant de la « digestion » d'une partie de la zone des gneiss à hypersthène qui, primitivement, devait se continuer des Gleïbat Ouled Bousba à Ténachfouil.

ETUDE CHIMIQUE DU CONTACT DES GNEISS A SILLIMANITE ET CORDIERITE AVEC LES GRANITES

Les compositions chimiques des différentes roches intéressées (granites, gneiss à cordiérite et sillimanite, roches de contact) peuvent être comparées par la construction d'un diagramme triangulaire ayant pour sommets les paramètres de NIGGLI, al , fm et la somme $alk + c$. La construction d'un tel diagramme est aisée car on a : $alk + c + al + fm = 100$.

Les paramètres de NIGGLI des roches étudiées sont rappelées dans le tableau de la page 160.

L'examen du diagramme (fig. 41) obtenu après représentation de ces points montre que chacun des trois types de roches se groupe dans une partie bien déterminée du triangle et que la zone figurative des formes de contact occupe une place intermédiaire entre les granites et les gneiss à cordiérite et sillimanite.

On peut voir qu'il y a eu apport d'alcalis, les points correspondant aux gneiss de contact étant plus proches du sommet $\text{alk} + \text{c}$. La valeur de fm , par contre, diminue quand on passe des gneiss à cordiérite et sillimanite aux roches de contact. En réalité, la teneur initiale en ferromagnésiens n'a pas été modifiée, mais, comme il y a eu apport, la proportion des barylites aux autres constituants a baissé. La valeur de al est restée la même en proportion des autres éléments, ce qui correspond en réalité — si l'on considère la roche globalement — à un apport d'alumine.

En conclusion, on peut dire que le contact entre les granites et les gneiss à cordiérite et sillimanite se traduit par un apport feldspathique dans ces dernières roches.

Paramètres de NIGGLI des roches représentées dans le diagramme n° 41 :

Numéros des analyses	al	fm	c	alk
Granites :				
83	46,1	10,9	9,3	33,5
84	36,0	21,5	12,5	30
85	47,2	14,7	11,4	26,7
87	43,2	22,6	7,0	27,2
88	38,5	30,8	4,6	26,1
89	44,6	4,1	13,7	37,5
90	46,0	5,6	9,1	39,3
91	51,0	9,2	6,4	33,3
92	37,5	27,0	18,5	17,0
93	36,5	21,2	13,8	28,5
Gneiss à cordiérite et sillimanite :				
5	41,5	47,3	6,2	5,0
6	34,5	40,7	7,9	17,0
7	58,2	19,3	6,6	16,0
8	55,1	32,4	4,3	8,2
Roches de contact :				
94	48,6	16,1	4,5	30,8
95	49,7	20,3	6,4	23,5

Contact du granite avec la Série d'Akjoujt: Auréole d'Aguel Sidi

DESCRIPTION

APERÇU GENERAL SUR L'HORIZON D'AGUEL SIDI

(Voir carte hors-texte au 50.000)

A 6 km d'Akjoujt, immédiatement après les guelb Moghreïn, el Khlejjat, Mohamed Mouloud, s'étend une vaste plaine à topographie très douce contrastant avec les collines du reste de l'Inchiri. Elle est parsemée de boqueteaux d'épineux rabougris, d'îlots de Graminées et elle est coupée de nombreux rags sableux et de graras, emplacements dénudés d'anciennes cultures. Les nombreux petits oueds à sec (batha) et deux grands oueds aux larges lits de sable meuble, le Khat Therthiate, qui a près de 100 km de long, et son affluent, le Khat Chœil, sont surtout signalés dans le paysage par une plus grande abondance d'arbustes moins chétifs. Les dunes y sont rares et souvent isolées (barkanes). Peu de points marquent dans la topographie ; parmi eux signalons les collines de l'Arériate el Bird et de l'Arériate el Khader, le rocher d'Amagouer et les ruines de l'ancien poste grenier d'Aguel Sidi, point astronomique situé à 32 km plein ouest d'Akjoujt.

Cette topographie explique qu'il ait été possible d'effectuer assez rapidement en camion, au début de 1947 [3] un levé de reconnaissance au 50.000 de la partie géologiquement intéressante de cette région qui se limiterait au nord et au nord-ouest par les premiers contreforts de l'Akchar, à l'ouest par le lit du Khat Therthiate, au sud par les plateaux d'une croûte ferrugineuse récente qui débute aux environs de la colline de Tamagot, au sud-est par le Rag el Abiod. Au-delà de ces limites, les affleurements sont à peu près inexistantes si ce ne sont de nombreuses têtes de filonnets de quartz laiteux et stériles. A l'est, on rencontre les guelbs de quartzites et de schistes de la Série d'Akjoujt.

Ce changement de la morphologie coïncide avec une modification de la composition des roches constitutives. F. JACQUET avait déjà noté dans cette région, la présence de roches feldspathiques et dans le croquis qu'il a joint à sa note sur la structure du Sahara mauritanien [33], il rattache les roches d'Aguel Sidi au Cristallin.

Dès ma première mission en Mauritanie (avril-juin 1945), je fus frappé par la différence de faciès existant entre cette zone et les schistes cristallins de l'Amsaga. De plus, j'avais déjà noté à cette époque une concordance apparente entre les pendages de la Série d'Akjoujt et ceux des roches d'Aguel Sidi. Aussi j'écrivais dès août 1945 [3] « c'est (la Série d'Aguel Sidi) sans doute un aspect plus métamorphique de la Série d'Akjoujt avec laquelle elle est d'ailleurs concordante ; de plus, on peut observer des termes de passage entre les deux séries... ». J'avais également reconnu la disposition générale de ces couches et disais : « Au sud et à l'est d'Aguel Sidi, les directions et les pendages des leptynites confirmeraient la disposition synclinal de l'ensemble.

En octobre-novembre 1945, au cours d'une étude stratigraphique de la Série d'Akjoujt, la région d'Aguel Sidi fut rapidement revue. Cette étude confirma ma première opinion et j'écrivais au sujet de cette série : « Toutefois, signalons dès maintenant que j'ai acquis la certitude qu'il s'agit là d'un horizon particulier de la Série d'Akjoujt qui aurait été métamorphisée par une venue granitique (celle de l'Hajakh Dekhen) postérieure au dépôt de la Série d'Akjoujt ».

Cet « Horizon d'Aguel Sidi » occupe le centre de la cuvette d'Akjoujt dont la moitié occidentale est masquée par les rags caillouteux de l'Oumate el Beid et de l'Adeibt Tourjet. Au cœur même de ce synclinal affleure le massif granitique à faciès surtout porphyroïde de l'Hajakh Dekhen qui, sur ses pourtours, passe progressivement, par suite de l'orientation des porphyroblastes de microcline, à des gneiss œillés.

Ces roches sont elles-mêmes entourées de zones de mylonites où tous les stades d'écrasement et de recristallisation se rencontrent. Les relations existant entre les gneiss œillés et les mylonites sont très étroites et on passe parfois des unes aux autres sur quelques centimètres, sur une même roche à l'affleurement.

Ces différentes roches ont été décrites (p. 141 sp.) et, par la suite, seuls les quelques cas où ce granite a une composition un peu particulière seront mentionnés.

Tout ce complexe granitique est entouré d'auréoles de roches dont le degré de métamorphisme décroît au fur et à mesure que l'on s'écarte de l'Hajakh Dekhen. Il n'est pas possible de donner une coupe détaillée avec la puissance des différentes couches, de toutes les formations à cause des recouvrements récents qui en masquent une partie, mais la succession serait la suivante sur une ligne allant de l'Hajakh Dekhen au sud de guelb Moghrein (cf. carte hors-texte).

- granite porphyroïde à gros microcline,
- gneiss œillés,
- mince bande de mylonite à texture résiduelle (20 à 30 m),
- cipolins à diopside,
- (rag),
- bande importante de mylonites (plus de 500 m) avec réapparition localement de gneiss œillés,
- petit banc de cipolins localement à diopside,
- recouvrements récents avec pointements de quartzites grenatifères et de granite aplitique,
- gneiss à biotite,
- gneiss à deux micas avec un petit banc de cipolin sans diopside,
- micaschistes à muscovite avec quelques paillettes de biotite,
- cipolins sans diopside,
- chloritoschistes typiques de la Série d'Akjoujt.

En dehors de cette ligne de coupe, qui donna la succession la plus complète, se rencontrent également des bancs de quartzites à paillettes de muscovite.

Toutes ces roches affleurent sur une même surface topographique en parfaite concordance ; le passage des chloritoschistes aux micaschistes, quand ils sont au contact l'un de l'autre (région d'el Arériate ou à l'ouest de guelb Mohamed Mouloud) est très progressif. Il en est de même pour les passages micaschistes-gneiss à muscovite et gneiss à muscovite-gneiss à biotite. L'horizon d'Agueli Sidi appartient donc à la Série d'Akjoujt et ne représente pas une boutonnière de la Série de l'Amsaga.

On verra que je considère ces faciès un peu particuliers de la Série d'Akjoujt comme des produits de son métamorphisme de contact par le granite de l'Hajakh Dekhen et c'est pourquoi je n'ai fait que les mentionner lors de la description des différents types lithologiques de cette série (p. 115).

b) - DESCRIPTION DES ROCHES

Voyons maintenant quels sont leurs caractères pétrographiques.

SERIE SCHISTEUSE

Les micaschistes les plus externes sont essentiellement à muscovite ; puis, au mica blanc, s'associent quelques paillettes de biotite ; le type à mica noir dominant apparaît finalement, en position plus centrale. Le passage aux schistes se fait par raréfaction des paillettes de mica qui voisine alors avec la séricite.

Les types grenatifères sont assez fréquents surtout quand la biotite est présente (Pl. XVI, fig. 1) ; l'étude en lames minces a permis d'y déceler parfois des cristaux de tourmaline ; cette étude montre également la tendance de la biotite à se chloritiser.

Mme MARTINET a analysé un micaschiste grenatifère à deux micas provenant de 4 km au nord de l'Arériate el Khader :

Composition chimique		Paramètres de NIGGLI	
SiO ₂	56,95	si	202
Al ₂ O ₃	19,05	al	39,6
Fe ₂ O ₃	3,15	fm	47,6
FeO	7,55	c	2,8
MgO	3,10	alk	10,0
CaO	0,70	k	0,51
Na ₂ O	1,40	mg	0,35
K ₂ O	2,30	Corindon virtuel de la norme C I P W = 12,86	
H ₂ O + ...	4,80		
H ₂ O —	0,35		
Total	100,35		

La forte teneur en corindon virtuel indique une origine sédimentaire de cette roche. D'autre part, les inégalités simultanées $\text{CaO} < \text{MgO}$ et $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ sont aussi un caractère sédimentaire net [84, p. 98]. Enfin, le rapport $\frac{\text{al}}{\text{alk} + \text{c}}$ dépasse 3 ; or ROQUES [84, p. 431] a

montré que cette proportion était, dans les roches d'origine para, supérieure à 1,5. L'ensemble de ces caractères ne laisse aucun doute sur l'origine de cette roche.

Les gneiss à deux micas, à muscovite dominante, s'apparentent étroitement aux micaschistes précédents par des roches où, entre les feuillets des micaschistes, se développent de très minces filets feldspathiques (1). En plaque mince, on retrouve les lits de quartz et de micas séparés par de minces couches de plagioclases albitisés avec un peu d'orthose, de microcline et d'épidote. En s'approchant du centre de l'horizon d'Agueli Sidi, les feldspaths se développent et on peut reconnaître leurs cristaux à l'œil nu ; ils se disposent en chapelets d'amandes bien alignées et on a l'aspect de gneiss bien caractéristiques. En lames minces, on retrouve cette texture ; à côté du quartz, on observe de la muscovite en traînées, de l'épidote et de la zoïsite ; les feldspaths sont de l'oligoclase basique, plus ou moins abondant suivant le point de prélèvement de l'échantillon (Pl. XVI, fig. 5) ; parfois, il y a un peu de microcline, mais les feldspaths potassiques sont toujours très peu abondants, sinon absents. Une ou deux lamelles de biotite sont présentes ; quand sa proportion augmente, on passe aux gneiss à deux micas typiques.

Une plaque mince d'une telle roche montre des amygdales d'andésine à 43 % d'An et entourées de quartz, de muscovite, de biotite brun jaune, d'épidote et de zoïsite. Il n'y a pas de feldspaths potassiques alors que, fait remarquable, la muscovite est abondante. Enfin, la teneur en muscovite devient de plus en plus faible et, à proximité de l'Hajakh Dekhen, les gneiss ne sont plus qu'à biotite. Il en est de même pour les roches constituant quelques petites enclaves, qui ont pu être notées à l'intérieur du massif granitique. Les types grenatiformes, dans cette zone, sont fréquents (Pl. XVI, fig. 6) ; la biotite est en lépidoblastes bruns et forme, avec

(1) Il est curieux de noter que l'apparition des feldspaths coïncide avec une modification du peuplement végétal : alors que sur les schistes et les micaschistes croissent des Graminées, d'abondantes « roses de Jéricho » (Kempche), presque à l'exclusion de toute autre plante, vivent sur la zone feldspathique dont la chaux favorise peut-être leur végétation.

le quartz, le fond de la roche ; ces gneiss sont également dépourvus de feldspaths potassiques (Pl. XVI, fig. 3-4).

L'absence totale de feldspaths potassiques de ces gneiss me les fait considérer comme étant d'origine para ⁽¹⁾.

Cependant, l'analyse chimique d'un gneiss à biotite et à grenat (N° 97) (qualifié de para par MM. NELTNER, DEMAY et BODIN) et d'un gneiss plagioclasique à deux micas (N° 98) a donné les résultats suivants (analyste : M. PATUREAU) :

	N° 97	N° 98		N° 97	N° 98
SiO ₂	61,00	70,45	Q	17,34	25,98
Al ₂ O ₃	18,55	16,35	Or	13,90	17,79
Fe ₂ O ₃	3,50	0,35	Ab	39,82	34,58
FeO	5,55	1,00	An	5,00	17,51
MnO	0,22	0,02			
MgO	1,60	0,50	Cor	6,43	
CaO	1,20	4,00	Ca SiO ₃		0,58
Na ₂ O	4,70	4,05	Mg SiO ₃	4,00	1,30
K ₂ O	2,35	3,00	Fe SiO ₃	6,07	1,19
TiO ₂	1,05	0,30	Ma	5,10	0,46
P ₂ O ₅	0,02	0,08	Ilm	1,98	0,61
H ₂ O + ...	0,80	0,25	Ap	0,34	0,34
H ₂ O —	0,20	0,40	An %	11	33
			Or	0,31	0,33
			Plag.		
			Σb	17,49	4,48
	100,74	100,75			

Or BASTIN [*in* ROQUES, 84, p. 98] a montré que, dans un paragneiss typique, on avait simultanément les relations : CaO < MgO et Na₂O > K₂O, et une quantité virtuelle de corindon dépassant 10 %.

Aucune de ces inégalités n'est satisfaite par les résultats d'analyse ci-dessus et le corindon virtuel est même absent de l'une de ces roches.

D'autre part, les paramètres de NIGGLI de chacune de ces deux roches sont :

	N° 97	N° 98
si	217	324
al	38,8	44,5
fm	35,1	8,8
c	4,4	19,6
alk	21,5	27,0
k	0,24	0,30
mg	0,24	0,40

(1) M. NELTNER, qui a eu la bienveillance d'examiner quelques-unes de ces plaques et de les montrer à M. DEMAY, m'a confirmé dans cette opinion.

D'autre part, d'après M. ROQUES [84, p. 431], dans une roche para, on aurait $\frac{\text{alk} + c}{\text{al}} > 1,5$, alors que ce rapport serait inférieur à 1,25 dans les roches éruptives ; entre 1,5 et 1,25, on se trouverait en présence de roches d'origine mixte (migmatites). Quelles sont les valeurs de ce rapport pour les deux roches étudiées ?

$$\text{N}^{\circ} 97 = \frac{38,8}{21,5 + 4,4} = 1,49,$$

$$\text{N}^{\circ} 98 = \frac{44,5}{27,0 + 19,6} = 0,95.$$

La première peut donc, à la rigueur, être considérée comme ayant une origine para, mais il n'en est plus de même pour la seconde. Je ne crois pourtant pas qu'il y ait contradiction réelle entre les résultats de l'analyse chimique et de l'étude en lames minces. En anticipant sur mes conclusions, je crois pouvoir dire qu'il s'agit bien de roches primitivement sédimentaires qui auraient été transformées par le granite de l'Hajakh Dekhen, et cette origine mixte serait bien traduite par les analyses précédentes.

LES CIPOLINS

Les cipolins, constitués exclusivement de calcite, sont de belles roches marmoréennes blanches ou légèrement bleutées, à cassure cristalline ; ils constituent les couches les plus externes de l'auréole (voir la coupe, p. 162). Dans les bancs les plus internes, ces roches perdent leur aspect nacré et deviennent grisâtres ou verdâtres, leur grain est plus fin ; on y observe de nombreux petits cristaux (1 à 2 mm, suivant l'allongement) d'un minéral vert sombre, non déterminable macroscopiquement. L'étude microscopique montre qu'il s'agit de diopside, voisinant avec des grains de sphène. Un échantillon, recueilli par F. JACQUET et étudié par M^{me} JEREMINE [37], contient quelques cristaux d'orthose en voie d'albitisation.

LES QUARTZITES

Des quartzites à mica blanc ceignent l'intrusion granitique principale qui en recoupe une partie (Pl. VIII, fig. 2) ; la muscovite est peu abondante mais en lamelles bien développées. Certains de ces quartzites sont grenatifères. Une telle roche, étudiée en plaque mince (Pl. XVI, fig. 2), est constituée essentiellement par une fine mosaïque de quartz sur laquelle se détachent de grosses lames de muscovite et des grenats rose pâle avec quelques rares cristaux de microcline ; il y a également de la magnétite et des cristaux automorphes assez volumineux de zircon.

Des quartzites à hématite, identiques à ceux des collines de l'Inchiri, forment une bande continue, passant à proximité du guelb Mohamed Mouloud, au nord-est de la région d'Aguelt Sidi ; il est probable que les roches identiques qui forment les collines de Tamagot soient le prolongement de cette bande au-delà du rag el Abiod. Des quartzites sont intercalés dans des chloritoschistes et appartiennent encore à la Série d'Akjoujt s. s. Mais les collines de l'Arériate, situées plus près du granite de l'Hajakh Dekhen, sont constituées de quartzites ferrugineux où l'oxyde de fer est, cette fois, souvent de la magnétite dont les petits cristaux automorphes s'agglomèrent en lits continus alternant avec des lits de quartz. Cette apparition de la magnétite, ainsi que la minéralisation en ce même oxyde de la colline occidentale de guelb Moghreïn, seuls points de la Série d'Akjoujt où la magnétite soit présente (partout ailleurs, ce sont des quartzites à hématite), semble être en corrélation avec le granite de l'Hajakh Dekhen.

FACIES GRANITIQUES PARTICULIERS

La plus grande partie de l'intrusion de l'Hajakh Dekhen est constituée par du granite calcoalcalin à biotite porphyroïde contenant de petits massifs, restreints et à contours diffus, de granite à grain moyen. En bordure du massif, ce granite peut parfois contenir de la muscovite à côté du mica noir. Des petits massifs d'aprites, parfois grenatifères, percent les gneiss de ci-de là (Aguelt Sidi, 8 km à l'est de l'Hajakh Dekhen, par exemple), assez loin de l'intrusion principale avec laquelle ils sont sans doute en relation, de même que la pegmatite calcoalcaline qui affleure au nord proche de Tamagot.

Mais un type plus particulier est constitué par les différenciations de ce granite en diorite quartzifère à amphibole, observable au sud-est et surtout à environ 5 km au sud de l'Hajakh Dekhen où on note le passage entre les deux types. Ce sont des roches assez claires, grossièrement grenues, où les éléments se reconnaissent aisément à l'œil nu. L'étude au microscope montre un peu de quartz voisinant avec des plagioclases entièrement saussuritisés et de la hornblende (Pl. VIII, fig. 4). Il semblerait, d'après la carte, que ces diorites quartzifères soient en relation avec des bancs de cipolin et qu'elles représenteraient des faciès d'endomorphisme du granite de l'Hajakh Dekhen.

Enfin, une autre cause d'hétérogénéité de ce granite est la présence de petites enclaves de quartzites micacés ou grenatifères, de gneiss à biotite, sans doute para, à l'intérieur de l'intrusion principale.

INTERPRETATION GEOLOGIQUE DE L'HORIZON D'AGUELT SIDI

L'intercalation de schistes micacés et de schistes feldspathisés, entre des schistes francs et un massif granitique, a été maintes fois signalée : rappelons les contacts du granite de Flamanville étudiés par A. MICHEL-LEVY [69], ceux du granite de Kersaint qui passe latéralement aux schistes de Landerneau par des schistes feldspathiques dits gneiss de Brest (cité par G. MATHIEU, C. R. Ac. Sc., t. 214, n° 26), etc... Mais il me semble que cette brève description des roches d'Aguelt Sidi rappelle surtout beaucoup les faits qu'a exposés de façon si magistrale A. LACROIX [49-50] et qu'il a observés à l'extrémité occidentale du granite de Querigut (massif de Querigut s. s.), dont l'étude a été reprise par E. RAGUIN [81]. Les roches qu'a décrites A. LACROIX montrent une série plus continue que celles de l'horizon d'Aguelt Sidi, mais rien ne prouve que les termes qui n'ont pas été signalés n'existent pas et qu'ils ne seront pas observés dans une étude ultérieure car, insistons bien sur le fait, je n'ai fait qu'effleurer cette étude et il reste à faire un important travail sur cette question, dont la matière est loin d'être épuisée.

A Querigut, au contact immédiat du granite, qui est « un granite à biotite à gros grains rendu souvent porphyroïde par l'existence de cristaux blancs de microcline de plusieurs centimètres, et présentant parfois la structure de gneiss ocellés », s'observe une zone constante dans laquelle les schistes et les quartzites se chargent de feldspaths ; ces schistes feldspathisés remplacent la zone de cornéennes, qui est absente ; la zone des schistes micacés prend une grande importance et conduit à des roches comparables aux micaschistes et, dans le massif de Querigut s. s., les silicates d'alumine (cordiérite, andalousite, sillimanite) manquent complètement : le grenat et la tourmaline se sont développés dans ces « schistes micacés à faciès micaschisteux » ; à proximité des calcaires, le granite endomorphisé donne, en plus de types plus basiques, qui n'ont pas été rencontrés à l'Hajakh Dekhen et dont l'origine est discutée [81], des diorites quartzifères à hornblende dont le grain est sensiblement le même que le granite normal. N'en est-il pas de même à Aguel Sidi et les micaschistes décrits plus haut ne seraient-ils pas l'équivalent des « schistes micacés à faciès micaschisteux », tandis que les rochers formés d'amygdales feldspathiques insérées dans une trame de micaschiste qui affleurent le long du Khat Choeil équivaldraient aux leptynolites de LACROIX ? La similitude est telle que je pense qu'il y a tout lieu de considérer l'Horizon d'Aguelt Sidi comme l'auréole de contact du granite de l'Hajakh Dekhen intrusif dans la Série d'Àkjoujt. D'autres observations de détail confirment cette inter-

prétation : c'est d'abord l'aspect fréquent de la biotite, qui est en petites lamelles très fraîches brun-rouge et très pléochroïque qui rappellent celles des cornéennes. D'autre part, j'ai récolté sur le rag, à 5 km au sud d'Aguel Sidi, un galet sombre, assez dense, avec des zones et une cassure de couleur cyclamen ; cette cassure est finement cristalline, rappelant celle d'un quartzite.

Une analyse chimique, due à M^{me} MARTINET, montre que c'est l'insoluble à l'eau régale, ne contenant presque plus de fer (3,60 %), qui est rose et qu'il est constitué presque exclusivement d'alumine (86 %) avec un peu de titane (5,50 %) et de silice (2,70 %). C'est donc un galet de corindon ⁽¹⁾, minéral généralement considéré comme accompagnant le métamorphisme de contact plutôt que le métamorphisme régional.

Il y a cependant une différence essentielle entre les deux régions : alors que l'auréole du granite de Querigut, considérée déjà comme importante, n'atteint que quelques centaines de mètres, l'action du granite de l'Hajakh Dekhen sur la Série d'Akjoujt s'étend sur une dizaine de kilomètres, ce qui est considérable et accroît l'intérêt qu'il y aurait à reprendre cette étude. Cela pourrait s'expliquer en supposant que le toit du granite de l'Hajakh Dekhen est très proche de la surface topographique. Peut-être même ne s'agit-il que d'une « coupole » du grand batholite qui affleure non loin, au Tijirit ? La présence de nombreux petits massifs d'aprites, assez loin au nord et à l'est de l'Hajakh Dekhen (Aguel Sidi, région d'Aguel Mahmed, d'Agot, etc...), serait à l'appui de cette hypothèse. Cependant, l'hypothèse d'un massif granitique en laccolite, ou même non enraciné, ayant affecté la Série d'Akjoujt surtout dans sa partie supérieure, n'est pas à exclure et expliquerait également le plongement des couches les moins métamorphiques sous les couches plus métamorphisées. TURNER [91, p. 57] signale que VOGT a ainsi interprété les zones inversées de métamorphisme qu'il a étudiées à Sulitjelma (Norvège).

PHENOMENES COMPARABLES A CEUX DE L'HORIZON D'AGUEL SIDI

Un tout petit massif granitique de quelques centaines de mètres de long affleure sur le rag, à 9 km au sud d'Akjoujt ; il est auréolé de gneiss œillés à biotite brune très pléochroïque et grenats ; les yeux sont constitués de microcline et d'orthose en voie d'albitisation et d'albite de substitution et sont environnés d'un fonds granoblastique de quartz, microcline, albite ; l'amplitude de cette auréole de gneiss serait d'au moins cinquante mètres ; puis viendraient quelques schistes micacés, peu observables, car leurs formes d'érosion facilitent leur recouvrement par le rag : ils s'étendraient sur vingt mètres au maximum et passeraient latéralement au chloritoschiste de la Série d'Akjoujt. On a bien l'impression de se trouver en face d'un « petit horizon d'Aguel Sidi ».

Enfin, on a déjà été amené à décrire au Tasiast et notamment dans la région d'Adheiliet Ahmoud (p. 119) des contacts entre des granites fréquemment à tendance granulitique et des chloritoschistes rattachés à la Série d'Ajoujt.

Le granite n'est jamais au contact direct de ces chloritoschistes, mais entre les deux roches s'insèrent progressivement une zone de micaschistes à muscovite et parfois également une zone de gneiss finement lités ; quand ce sont les micaschistes qui sont au contact du granite, ils n'ont plus leur texture schisteuse mais prennent un aspect compact, affleurent en dos de tortue, ont une cassure esquilleuse, la muscovite est seule bien reconnaissable à l'œil nu mais l'étude en plaque mince montre que ces lépidoblastes orientés voisinent avec ceux d'un mica vert très pâle, polarisant dans des teintes du premier ordre. Remarquons que les types à biotite, fréquents à Tiferchaï Souédiat, sont pratiquement absents d'Adheiliet Ahmoud. Est-ce dû à la nature du granite métamorphisant qui, là, est essentiellement à muscovite ? L'interprétation de ces faciès comme auréole de contact est confirmée par l'opinion de Mme JEREMINE [38] qui, étudiant des

(1) En classant la collection de JACQUET, j'ai retrouvé des échantillons analogues provenant également de la région d'Aguel Sidi, mais ses carnets de route [32] ne portent aucune indication à ce sujet. On ignore donc si ce géologue avait trouvé en place cet émeri et si ce gisement peut présenter quelque intérêt économique.

gneiss du Tasiast récoltés par TH. MONOD et ignorant leurs conditions de gisement, avait été frappée de leur allure de leptynolite. Pour F. H. PACHECO (ind. litt. 1948), les gneiss que l'on observe au Tiris espagnol (région de Férinina, Tisla, Touama et Zoug) et qui sont intimement mêlés au granite, paraissent être le résultat du métamorphisme dû au granite.

ETUDE CHIMIQUE DU CONTACT DE LA SERIE D'AKJOUJT ET DES GRANITES

Un diagramme triangulaire construit avec les paramètres de NIGGLI al , alk et c s'est montré plus démonstratif que le diagramme précédemment employé pour l'étude du contact des granites et des gneiss à cordiérite et sillimanite.

Les roches figurées sur ce diagramme (Fig. N° 42) sont les différents granites, les deux gneiss de l'horizon d'Aguelt Sidi, le gneiss d'Agada, les deux micaschistes et les schistes dont les analyses ont été précédemment communiquées (p. 130 - 134 - 137 - 143 - 164 - 163 - 114 - 120 - 121). Le tableau ci-après indique les paramètres utilisés et leur valeur ramenée à 100.

En dehors de quelques écarts dus à la différence de composition originale des roches considérées, le diagramme montre une évolution continue des schistes vers les granites en passant par les micaschistes et les formes gneissiques. Le passage des schistes aux micaschistes serait la conséquence d'un apport d'alcalis alors que la transformation de ces derniers en gneiss serait, d'après le diagramme, due à une augmentation du pourcentage en chaux qui se traduirait, dans la roche, par la présence de plagioclases.

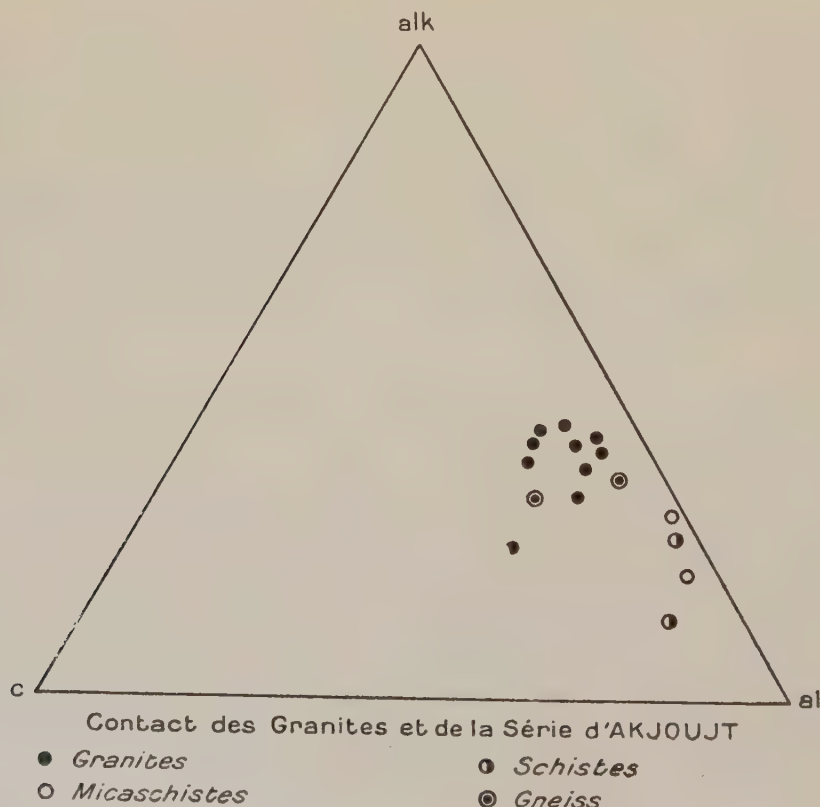


Fig:42

TABLEAU
DES PARAMETRES AYANT SERVI A LA CONSTRUCTION DU DIAGRAMME N° 42

N° d'analyse	al	al %	c	c %		alk %
<i>Granites</i>						
83	46,1	52,0	9,3	10,4	33,5	37,6
84	36,0	45,9	12,5	16,0	30	38,1
85	47,2	55,4	11,4	13,4	26,7	31,2
87	43,2	55,7	7,0	9,6	27,2	34,7
88	38,5	55,0	4,6	7,0	26,1	38,0
89	44,6	46,6	13,7	14,2	37,5	39,2
90	46,0	49,0	9,1	10,0	39,3	41,0
91	51,0	56,0	6,4	7,0	33,3	37,0
92	37,5	51,4	18,5	25,3	17,0	23,3
93	36,5	46,3	13,8	17,5	28,5	36,2
<i>Gneiss</i>						
97	38,8	60	4,4	6,8	21,5	33,2
98	44,5	49	19,6	21,5	27,0	29,5
82	42,7	50	16,5	20	25,3	30
<i>Micaschistes</i>						
81	54,2	70	1,6	2	21,3	28
96	39,6	76	2,8	5	10,0	19
<i>Schistes</i>						
80	21,8	78	2,8	10	3,2	12
79	62,1	72	2,9	3	21,6	25

Ces phénomènes de contact méritent certes une étude chimique plus détaillée, basée sur des échantillons prélevés systématiquement à des faibles distances, afin de pouvoir préciser la nature de l'apport, mais ce n'est pas là le but de ce travail général. Je me contenterai donc de souligner l'intérêt qu'il y aurait à reprendre l'étude de cette question.

Relations du granite et du Primaire Age des granites

Dans le ravin de Char, on peut nettement voir les grès quartzites primaires reposer directement sur le granite porphyroïde qui affleure très largement à l'ouest. La ligne de contact n'est pas horizontale : la base des grès remplit les intervalles compris entre de petits dômes granitiques. Aucun conglomérat ne souligne ce contact. Le grain des grès est seulement un peu plus grossier (taille d'une lentille au maximum) mais aucun phénomène de contact ne montre que la granitisation a altéré la base des grès ; la surface du granite est bien nette, bien tranchée ; aucune apophyse granitique, aucun filonnet aplitique ne se glisse dans les sédiments supérieurs dont le dépôt s'est fait sur ces masses de granite que l'érosion précambrienne avait déjà ciselé en petits dômes. A Ncuar, on peut faire des observations identiques ; en outre, on peut noter, en ce lieu, qu'au contact des grès primaires, le granite est altéré sur une épaisseur d'environ un mètre ; cette altération est notamment marquée par la transformation de la biotite du granite en une chlorite d'un vert malachite intense. La surface de contact entre le granite et le Primaire de l'Adrar est donc une ancienne surface d'altération.

Les diverses observations précédentes montrent que ces granites sont postérieurs non seulement aux schistes cristallins de la Série de l'Amsaga, mais aussi au dépôt des sédiments constitutifs des roches de la Série d'Akjoujt, puisque celles-ci ont été affectées de phénomènes de contact ; en outre, ils sont nettement antérieurs aux sédiments de la base du Primaire. Ce sont donc des granites antécambriens.

Il est peut-être possible de les dater encore avec plus de précision. L'orientation toujours sensible de la plupart des échantillons observés, la présence de mylonites intraformationnelles marginales dont l'alignement des éléments coïncide avec la schistosité des roches encaissantes et dont les variations de texture forment des zones concentriques concordantes avec le pourtour de l'intrusion, mylonites surtout très abondantes sur le pourtour des venues qui ont granitisé la Série d'Akjoujt, me font considérer ces granites comme syncinématiques. Mais de quels mouvements sont-ils contemporains : leur mise en place a-t-elle accompagné des déformations mécaniques localisées ou un cycle tectonique de plus grande importance ? A ce sujet, l'attention est attirée sur la position assez particulière que ces massifs granitiques occupent dans la Série d'Akjoujt : l'intrusion la plus importante qui est, dans ce cas, celle de l'Hajakh Dekhen, occupe l'ombilic du synclinal d'Akjoujt ; un autre massif granitique beaucoup moins étendu, à quelques kilomètres au sud d'Akjoujt, est également au cœur d'un petit synclinal ; enfin, à la Grara el J'Noun, une petite zone de mylonite à cœur de granite orienté est au centre d'un mouvement anticlinal localisé. La coïncidence est frappante et on a tout lieu de penser que la granitisation est en relation avec la tectonique de la Série d'Akjoujt. D'autre part, on a vu (p. 124) que je considérais cette tectonique comme postérieure au métamorphisme de cette série. Il s'agirait donc de granite antécambrien, contemporain des mouvements orogéniques ayant plissé la Série d'Akjoujt et postérieurs au métamorphisme de cette série.

CHAPITRE VII

LES INTRUSIONS BASIQUES

VUE GENERALE

Dans toutes les régions étudiées, se rencontrent des venues basiques surtout importantes dans le Tasiast, le Tijirit et le Tassarat. Dans la première de ces régions naturelles, elles affleurent largement dans les régions d'Iknioun-Adam Bissiné, de Khnefissat-Aouéoua, d'Inkebden, de Lebzéilet, forment une partie des collines de Tiferchaï; entre Lebzéilet et Aroueyit, elles constituent un nombre considérable de dykes, impossibles à cartographier à l'échelle du 200.000, dont la puissance varie de quelques centimètres à une centaine de mètres, et qui se suivent parfois sur des dizaines de kilomètres. En général, leur direction est SO-NE, mais d'autres dykes sont allongés de l'O-SO vers l'E-NE; quelques-uns sont même orientés d'ouest en est; cette disposition donne au paysage une apparence cloisonnée qui est surtout remarquable quand on survole la région.

Au Tijirit, on rencontre, par contre, surtout des grandes zones d'épanchement sans que, toutefois, les dykes soient absents. Une de ces zones englobe les collines d'Ichikrane el Beïda, de Zehar et de l'Archéouat; une autre irait du sud des petites collines de Tin Dolin jusqu'à celles d'Ichikrane el Khader et comprendrait le massif de Nich; mais la plus importante de ces régions de roches basiques s'étend de Bou Derga au sud jusqu'à Adekmar-Amchikdel au nord et se prolonge au-delà de ces dernières hauteurs, en territoire espagnol, dans la région de Zoug (renseignement dû à F. H. PACHECO [90]). C'est elle qui constitue les collines de Bou Graara, Bou Serdh, Aboulaye, guelb Legraa, Tijeraj, Tint Ouadane et la chaîne des Tahamanet. Elle aurait donc plus de 60 km de long, du nord au sud, et sa largeur atteindrait, par endroits, 20 km. Une partie en est masquée par les dunes de l'Akchar et de l'Azefal. Les roches basiques sont également abondantes, dans le Tassarat, dépression ensablée (aftout ou ain) au milieu des dunes de l'Akchar; elles constituent les rochers de Tijiglag, Tifadress, et un massif qui s'étendrait de Khnefissat au Rachouat en constituant les quatre collines d'Agouatin.

Dans l'Inchiri, on les retrouve surtout à l'ouest d'Akjoujt, où elles constituent plusieurs massifs, sans doute en liaison, et au sud et à l'est d'Araguib. Elles ont été également observées dans l'Amil Bou Kerch. Dans l'Amsaga, elles affleurent soit au niveau du rag, en « champs », soit sous forme de longs dykes qui marquent dans la topographie en constituant des arêtes de quelques mètres de haut et de plusieurs kilomètres de long. Les Maures désignent de telles formations par le nom de « tlobitate » (au singulier : telobite). On verra plus loin à quoi correspond cette différence de forme d'affleurement. Enfin, les roches basiques sont presque absentes au Tiris, où nous n'avons observé que deux « tlobitate » entre Fort-Gouraud et el Aiouj.

Toutes ces roches sont des gabbros ou dérivent de types gabbroïques, mais certaines sont très fraîches, sans aucune trace de tectonisation ou d'altération, tandis que d'autres, qui constitueront le groupe qui sera étudié tout d'abord, sont souvent schisteuses et passent fréquemment à des amphibolites.

Je pense qu'on se trouve en présence d'au moins deux séries successives de venues basiques telles que celles distinguées, par exemple, dans le nord-est de la Guinée par R. GOLOUBINOW [23], qui oppose des dolérites anciennes passant à des amphibolites schisteuses, en partie syntectoniques, en partie postectoniques, à des dolérites fraîches postcambriennes à augite pigeonitique et parfois hypersthène.

ROCHES BASIQUES A FACIES SCHISTEUX ET AMPHIBOLITIQUES

DESCRIPTION PETROGRAPHIQUE

Elles doivent correspondre aux diabases décrites par QUIROGA [79] dans la région de Teniulek. Deux échantillons provenant de Aouéoua, récoltés à 400 m l'un de l'autre et semblant bien appartenir à une même intrusion, sont bien différents : l'un affleure sous forme d'une boule polie par l'érosion éolienne (photo 6, Pl. VIII) ; sa cassure, bien cristalline, montre des baguettes feldspathiques très nettes et des cristaux de hornblende ainsi qu'un peu de quartz verdâtre : la texture ophitique est nette ; l'autre provient d'affleurements feuilletés avec des aspects d'écailles concentriques ; c'est une roche également bien cristallisée, mais plus sombre. et, à l'œil nu, on ne reconnaît que de l'amphibole, en baguettes atteignant 8 mm d'allongement. Le premier échantillon, étudié en plaque mince (Pl. XVII, fig. 1), montre une structure largement intersertale avec des cristaux de labrador, largement zonés (An 45 % sur les bords à An 55 % au centre), légèrement séricitisés dans la partie centrale voisinant avec de gros cristaux mâclés d'augite pigeonitique ⁽¹⁾. Ce pyroxène est fréquemment bordé d'ouralite verte et parfois de hornblende barkévitique brune ⁽¹⁾. On peut également noter deux grains d'olivine se transformant en oxyde de fer et surtout, dans les interstices des cristaux des minéraux précédents, de belles micropegmatites de quartz et d'orthose avec quelques lamelles de biotite secondaire brun-rougeâtre. Comme minéraux accessoires : de la magnétite à structure graphique associée à la biotite et de l'apatite, en aiguilles exceptionnellement longues. Cette roche est donc un gabbro à olivine en voie d'ouralitisation.

Cette composition minéralogique rappelle beaucoup celle des dolérites recueillies par F. JACQUET dans la région de Tichitt et étudiées par M^{me} JEREMINE [37].

Il me semble bon d'insister sur la présence, dans cette roche, d'olivine au voisinage d'une micropegmatite de quartz et d'orthose. C'est là un fait connu mais rare (JOHANSEN, *Essentials for the microscopical determination of rock-forming minerals and rocks*). Par contre, le deuxième type a un aspect tout différent (Pl. XVII, fig. 2) : sa structure est orientée ; le minéral dominant est de la hornblende bleu-verdâtre en grandes lames orientées, ayant une structure « en passoire », c'est-à-dire que ces plages sont criblées d'inclusions de quartz.

Cette amphibole, qui forme plus de la moitié de la roche, est englobée dans un fond finement cristallisé de quartz et de plagioclase limpide, très rarement mâclé, indéterminable. Les minéraux accessoires sont des grains, plus gros que les quartz et les feldspaths, d'épidote et de zoïsité, de la titanomagnétite, du leucoxène et de l'apatite. C'est là une amphibolite bien différente, comme composition minéralogique, de la première roche, mais l'étude sur le terrain montre qu'on ne peut les séparer.

Une observation analogue a été faite à Nich. Les collines sont formées par l'empilement de boules d'une roche rouillée en surface mais à structure nettement doléritique. Au fur et à mesure qu'on s'en éloigne, on voit les roches devenir plus noires à cassure plus fine, et, à 1 km de là, on se trouve en présence de roches sombres, à débit schisteux, avec localement des aspects en « bulbe d'oignon », à cassure esquilleuse. L'affleurement est continu et le passage très progressif entre les différents types, ce qui exclut la possibilité d'un « igneous complex ». Un échantillon provenant des collines montre une structure intersertale peu visible, car la roche est pauvre en feldspaths. Le minéral dominant est de la hornblende verte en grandes lames. Les feldspaths (labrador) sont zonés et en baguettes. Les minéraux accessoires sont de la zoïsité, de la pennine, de la limonite et du leucoxène ; les plagioclases contiennent de l'apatite en aiguilles. Aucun pyroxène n'est visible. La roche est un gabbro mélanocrate complètement ouralitisé (Pl. XVII, fig. 3).

Une des roches du pourtour de l'affleurement montre, par contre, la composition d'un schiste amphibolique (Pl. XVII, fig. 4) avec une structure orientée, finement lépidoblastique. La roche est formée en majeure partie de lamelles de hornblende vert pâle, très légèrement

(1) Détermination de L. BODIN.

bleutée, avec dans les interstices de la zoïsite, de l'épidote, des plagioclases limpides, non mâclés, du quartz, de la chlorite, de nombreux grains d'ilménite auréolés de leucoxène et des petites plages de calcite ; à noter également des filonnets de zoïsite. La chlorite est le plus abondant des minéraux accessoires.

Notons que la couleur de la hornblende de cette roche et de l'amphibole de Aouéoua serait caractéristique du sous-faciès à albite et épidote des amphibolites, qui est un faciès de métamorphisme faisant transition entre le faciès des amphibolites et celui des schistes verts [91].

Ces deux roches, minéralogiquement différentes, sont, sur le terrain, indubitablement en relation.

D'ailleurs, l'analyse chimique montre de grandes ressemblances quant à la composition de ces deux roches :

	99 Gabbro de Nich. 1	100 Amphibolite de Nich. 2	Différence 3
SiO ₂	47,35	48,75	+ 1,40
Al ₂ O ₃	15,70	15,10	— 0,60
Fe ₂ O ₃	1,80	1,50	— 0,30
FeO	9,35	9,90	+ 0,55
MnO	0,15	0,15	0
MgO	9,45	7,00	— 2,45
CaO	11,80	11,65	— 0,15
Na ₂ O	1,25	2,75	+ 1,50
K ₂ O	traces	traces	
TiO ₂	0,90	1,10	
H ₂ O + ...	2,10	2,10	
H ₂ O —	0,05	0,00	
TOTAL	100,90	100,00	

	1	2
Ab	11,00	23,58
An	36,97	28,63
Ca SiO ₃	9,05	12,18
Mg SiO ₃	19,90	10,30
Fe SiO ₃	12,28	9,11
Mg ₂ SiO ₄	2,59	5,04
Fe ₂ SiO ₄	1,94	4,90
Ma	2,55	2,09
Ilm	1,67	2,13

Les paramètres de ces roches sont :

Amphibolite (100)	III - 5 - 4 - 5 - 1' - 2 - 2 - 2 (3) An % 55
Gabbro (99)	III - 5 - 4 (5) - 5 - 1' - 1 (2) - 2 - 2' An % 76

A Khnefissat du Tasiast, une dolérite typique est associée à diverses amphibolites englobant des petits bancs de produits d'altération divers : dolomie, lit de calcédoine et même à une pyroxénolite très altérée. Cette dernière roche, noire, un peu rouillée, se montre, en plaque mince, être composée presque uniquement d'un réseau d'antigorite enserrant dans ses mailles de la limonite et des fragments de pyroxène en cours d'altération. L'association étroite de résidus de gabbros et d'amphibolites a été également observée à guelb Moghreïn, sur la croupe orientale.

Citons quelques particularités d'autres gisements. A l'est de Senine Kambo, on rencontre parfois des types leucocrates, à cassure saccharoïde ; la roche est blanche avec un léger éclat verdâtre et, sur ce fond, se détachent de gros cristaux de hornblende atteignant 1 cm. Le microscope y montre une structure largement grenue avec de grands cristaux de labrador (de 50 à 65 % d'An), avec des plages d'ouralite englobant de petits restes de pyroxènes avec de l'épidote et de la zoisite. La présence de filonnets de quartz recristallisés dans les cassures fragmentant des grains de cristaux de labrador et de sphène secondaire, recristallisant aux dépens de la titanomagnétite, montre que ce ne sont pas des « roches fraîches ». De ces types leucocrates, il faut sans doute rapprocher la roche blanche, bien cristallisée avec de nombreuses et fines mouches vertes d'épidote, qui affleure assez largement au nord de Sattle Maguel, en liaison avec des gabbros et des diorites épidotisées. L'étude microscopique la montre formée uniquement d'albite en grandes plages avec de gros amas d'épidote et de zoisite.

Cette composition minéralogique donne à penser qu'il s'agit d'une plagioclaseolite complètement transformée. Sa position sur le terrain la fait considérer comme une différenciation hololeucocrate des roches avoisinantes. Un autre type de gabbro leucocrate à olivine (allivalite) a été également récolté par Th. MONOD à Tiferchaï [38], mais je n'ai retrouvé en ce lieu que des gabbros riches en barylites. La hornblende constitue la presque totalité de la roche qui forme l'épaulement de guelb Moghreïn ; cette amphibolite est également remarquable par l'abondance de sa minéralisation en pyrite et magnétite. Des schistes amphiboliques provenant des régions de Kalla et d'Ichikrane ont montré, en lames minces, en plus de la hornblende et du quartz, quelques plagioclases allongés et un peu de biotite. La roche du guelb Choeil montre des signes de tectonisation indubitables puisque l'amphibole a été déchiquetée et que des fragments de ce minéral se retrouvent à l'intérieur des feldspaths.

Enfin, et notamment au Tasiast, j'ai noté, dans la plupart des champs d'amphibolites ayant une assez grande étendue, des lentilles de quartz vitreux atteignant 30 cm de long ou de pegmatite ; dans ce cas, ces loupes atteignent fréquemment des dimensions de l'ordre du mètre. Il est possible que ces accidents correspondent au développement exagéré des micropegmatites que l'on note très souvent dans les études en lames minces. Le géographe G. SAUTTER a fait étudier au laboratoire, par M^{me} JEREMINE [39] — à laquelle j'emprunte la possibilité de la relation de ces lentilles avec les micropegmatites — de telles formations qu'il avait échantillonnées en Guinée française.

INTERPRETATION DES FAITS

La transformation progressive en amphibolites des gabbros du Tasiast a déjà été décrite, et avec plus de détails, par M^{me} JEREMINE [38].

Cette association d'amphibolites « à des gabbros grenus ou diabasiques qui représentent des restes non transformés de la roche originelle » a été signalé depuis longtemps à Madagascar, par BARON et MOUNEYRES [cités par LACROIX, 52, p. 518]. LACROIX a également observé le même phénomène (passage d'une roche composée de pyroxène et de plagioclases à des amphibolites non

feldspathiques) à Madagascar et indique que les traces d'action dynamique ne sont pas toujours visibles dans ce cas [52, p. 451]. D'autres observations de cet auteur [51] montrent que les amphibolites localement schisteuses avec orientation parallèle à celle du gneiss voisin sont parfois le faciès de bordure de dykes dont le centre est constitué par une roche saine et que, dans ces cas, on ne décèle pas toujours « à l'œil nu de déformation structurale appréciable ». LAMOTTE et ROUTIER [55] ont également décrit des dolérites de Guinée qu'il est « à l'œil nu, impossible de distinguer d'une amphibolite », qui sont complètement ouralitisées et qui passent à des roches « à augite remarquablement fraîche ». On considère actuellement [91, p. 17] que ces variations de la composition minéralogique des gabbros correspond à un ajustement de cette roche au milieu dans lequel elle s'est mise en place (autométamorphisme).

La colonne 3 montre que l'amphibolite est plus riche en quartz et surtout en soude que le gabbro, mais qu'elle contient moins de magnésie. Il y aurait eu échange de soude contre de la magnésie sans toutefois qu'on puisse parler d'autométamorphisme car la loi des volumes égaux de LINDGREEN [91] n'est pas vérifiée, les migrations de chaux et d'alumine ayant été insuffisantes.

Les deux observations faites à Nich et à Aouéoua lors d'une des dernières tournées sur le Précambrien de Mauritanie occidentale, comparées à celles des auteurs mentionnés ci-dessus, me font penser que la plupart des amphibolites observées dans l'Inchiri ou l'Amsaga méridional, depuis 1945, dérivent de gabbros ou de dolérites.

METAMORPHISME AU CONTACT DE CES ROCHES

Quand ces roches sont au contact de gneiss à biotite (c'est bien visible entre Irarchen et l'Akchar), on voit se développer dans ces schistes cristallins de l'épidote en mouches ou en filonnets. Cette diffusion ne semble pas avoir dépassé cinq à six mètres ; en général, elle est de l'ordre de 50 cm à 1 m. Parfois, la hornblende est encore bien reconnaissable dans le gneiss. Mais il faut signaler un contact un peu particulier de ces gneiss avec les roches basiques, observé non loin de la daya de Timberouane. Le gneiss prend alors une couleur très sombre, perd sa schistosité ; la roche est dure quoique friable et se débite facilement en petits fragments à surface altérée.

Quand on obtient une cassure fraîche, on y voit la roche finement recristallisée. Mais ce qui retient l'attention, ce sont des croûtes rouge vif qui recouvrent partiellement la roche. En plaque mince, on y voit une structure grenue un peu orientée avec du quartz assez abondant, de l'orthose kaolinisée ou en partie albitisée, des cristaux d'albite englobant encore des restes d'orthose ; de petites traînées de chlorite et de muscovite voisinent avec des amas d'épidote et de zoïsite. Cette roche, dont la lame mince rappelle celle d'un granite à grain très fin, est nettement plus alcaline que les gneiss calcoalcalins voisins : il y a eu apport de soude provenant de la roche basique proche. Ces caractères microscopiques et macroscopiques la rapprochent des adinoles du type spilosite décrites par RINNE [82, p. 348]. Mais, alors que les adinoles citées par cet auteur affleurent au contact de diabases et de schistes argileux, la roche de la daya Timberouane semble bien dériver par métamorphisme de contact, de gneiss à biotite qui sont les seules roches, autres que les roches basiques, que l'on observe dans cette région (1).

On a déjà vu (p. 119) que, dans le Tasiast, se rencontrent au milieu des roches basiques de petits lambeaux de chloritoschistes qui ont été rattachés à la Série d'Akjoujt. En bordure de ces lambeaux, les chloritoschistes se chargent d'amphibole parfois en grandes fibres asbestiformes ; ce même phénomène a été bien observé au guelb Moghrein, au contact des chloritoschistes typiques de la Série d'Akjoujt ; parfois, on assiste au développement de petits nids de talc, dans le chloritoschiste, au contact direct de la roche basique. Certains de ces schistes enclavés prennent une couleur mauve bleuâtre ou rouille et deviennent plus compacts. L'étude en lames

(1) MEMPEL (cité par M^{me} JEREMINE [39]) a résumé et discuté les différentes études parues avant 1935 faites par les géologues allemands sur les adinoles. La présence d'orthose assez abondante dans la roche décrite ci-dessus d'une part, l'absence de dosage de la soude, d'autre part, ne nous permettent pas d'employer le mot « adinole » dans son sens strict. Il vaudrait mieux utiliser l'expression « faciès d'adinole ».

minces donne un aspect de phyllade ordinaire avec un fond phylliteux très développé. On note des petits amas de zircons et quelques lamelles d'actinote-trémolite mais rien n'indique que cette amphibole provient du gabbro voisin.

En résumé, les roches basiques ont assez peu agi sur leurs épontes schisteuses ; le phénomène de contact le plus typique, et aussi le plus fréquemment observé, est le développement d'aiguilles d'amphibole asbestiformes dans les caloritoschistes.

Le contact des « tlobitate » basiques et des granites a été fréquemment observé : il se fait la plupart du temps à l'emporte-pièce ainsi que le montre la photo N° 3, Pl. XVIII, prise à Sattle Maguel. On a une apparence de filon à bords très francs, sans qu'il y ait cependant de décollement visible. Ce phénomène s'observe également à échelle plus réduite et, dans la région d'Ahmeyim, j'ai récolté des échantillons de granite recoupé par des filonnets basiques d'environ 3 cm de puissance (photo 4, Pl. XVIII) ce qui a permis l'étude des contacts en lames minces. D'autres fois, la roche basique englobe des enclaves lenticulaires de quelques décimètres de granite (Pl. XVIII, fig. 1-2). Dans ce cas, les contacts sont également toujours aussi nets. En général, le contact entre les deux roches est marqué par une bande plus sombre dans la roche basique de 2 à 3 mm de largeur, que l'étude au microscope montre correspondre à une concentration locale en cristaux de magnétite. Le granite prend un aspect recristallisé sur quelques décimètres avec un certain reflet verdâtre des quartz ; on a une roche compacte rappelant un peu certains gneiss non orientés ; ces aspects s'atténuent rapidement et à quelques décimètres, un mètre, parfois deux de là, on retrouve le granite franc. Ces aspects de métamorphisme ne sont pas constants, et nullement en rapport avec la puissance du filon basique. Certains de ces filons, dont la largeur entre chaque bord dépasse 10 m, n'ont pas affecté leurs lèvres granitiques alors que des filonnets de quelques centimètres ont « recristallisé » le granite sur une distance supérieure à leur puissance. En lame mince (Pl. XVIII, fig. 5) la ligne de contact apparaît également très nette ; la dolérite en cours d'ouraltisation a conservé sa structure ophitique ; le granite est largement grenu ; ses feldspaths sont peut-être plus altérés que de coutume, mais ce qui est remarquable c'est le développement, dans les interstices des cristaux, d'amas d'une amphibole fibreuse, presque incolore, polarisant dans les jaunes du premier ordre ; en général, l'angle d'extinction de ces fibres est de 16° (actinote-trémolite) mais certains nous ont montré un angle atteignant 25°. Le granite a donc subi un apport de la part du gabbro et s'est transformé en diorite quartzique. Miss D. REYNOLDS a décrit des phénomènes analogues dans le nord de l'Irlande (renseignement dû à M. JUNG) où un gabbro tertiaire a traversé une granodiorite antérieure. Cette dernière s'est enrichie en FeO, MgO, CaO au dépens du gabbro, est donc devenue plus basique, mais, chose qui n'a pas été observée ⁽¹⁾ la composition du gabbro aurait été, elle aussi, modifiée. Ses teneurs en SiO₂, Al₂O₃, Na₂O auraient augmenté ; il y aurait tendance à l'homo-généisation des deux roches.

LES GABBROS ET DOLERITES FRAIS

Ils seraient moins répandus que les roches précédentes. Ce sont eux qui constituent les « tlobitates » de l'Amsaga tel que celui qui va de l'est de Touyerma au sud de el Embati en passant à proximité immédiate du Bouir Amar Ould Agdebiga ou que celui qui, des Agrours el Dhib et el Bagara, va jusqu'à proximité de Aoutilt ; les deux affleurements signalés précédemment au Tiris, au nord de Fort-Gouraud appartiennent à ce type. Il en est de même du gabbro qu'a décrit Mme JEREMINE [36], à laquelle j'emprunte son analyse, et qui fut récolté par TH. MONOD au sud de la koédia Idjil. Je n'ai pas retrouvé son gisement, mais Mme JEREMINE [37] signale qu'il est identique à celui observé par JACQUET près de el Aouj et que je connais. Dans l'Inchiri, ces dolérites affleurent en dykes de direction subméridienne dans les régions de Tabrinkout (Pl. VIII, fig. 5), d'Afodjan, de l'est immédiat de guelb Raoui, K'Deyat el Joul, près de l'Arériate... Elles semblent faire défaut dans le Tijirit et le Tasiast.

(1) M^{me} JEREMINE [35], étudiant en lames minces un filon de diorite du Karet au contact avec un granite, a noté, à proximité du contact, quelques grains d'orthose que cet auteur considère « comme des enclaves provenant du granite car elles disparaissent à mesure que l'on s'éloigne du contact ». Il y a donc eu, dans ce cas, très localement modification de la composition de la roche basique.

Jamais les roches de deuxième groupe n'affleurent en « champs ». La roche forme le plus souvent des miches bien polies, dont la surface érodée montre la structure ophitique ; les feldspaths en petites baguettes se détachent sur le fond, souvent rouille, de la roche. La cassure montre évidemment elle aussi cette structure ; aucune trace de tectonisation ni d'association avec des amphibolites ne sont visibles.

Le microscope montre une structure interseriale nette (Pl. XVII, fig. 5), avec de grands cristaux de labrador à 55 % d'An moulés par de l'augite pigeonitique ⁽¹⁾ avec souvent un peu d'hypersthène ; dans les interstices s'observent fréquemment des micropegmatites de quartz et d'orthose secondaires avec un peu de biotite réactionnelle, déjà signalés dans les gabbros des Karet-Yetti par Mme JEREMINE [35]. L'augite a parfois subi un début d'ouraltisation ; le pyroxène orthorhombique est exceptionnellement (est d'Afodjan) seul et on passe à une norite ; un peu d'olivine est présente dans un gabbro à structure grenue observable à 3 km à l'est de l'Hajakh Dekhen. Mais c'est là un cas exceptionnel alors que la présence d'olivine, parfois abondante, est courante dans les dolérites du reste de l'A.O.F. A l'est de Touyerma, un « telobite » est constitué d'un type porphyroïde où les cristaux de feldspath dépassent 3 cm. C'est une roche bien cristalline, jolie à voir. Malgré la taille des feldspaths, c'est un gabbro, la proportion des éléments colorés dépassant 35% (l) ; le feldspath est du labrador à 60% d'An en voie de saussuritisation ; il voisine avec de la hornblende verte en lames non orientées qui a remplacé la plus grande partie de l'augite. Le gabbro du Tiris dont M^{me} JEREMINE (*op. cit.*, p. 26, a publié l'analyse suivante, est à augite et hypersthène avec de la hornblende verte et des plagioclases (à 60% d'An) fortement séricitisés ; c'est pourquoi la quantité d'alumine décelée par l'analyse est si forte et que la proportion habituelle des alcalis est inversée.

SiO ₂	= 47,44
Al ₂ O ₃	= 12,74
Fe ₂ O ₃	= 5,16
FeO	= 9,18
MnO	= 0,15
MgO	= 7,98
CaO	= 10,92
Na ₂ O	= 1,06
K ₂ O	= 2,24
TiO ₂	= 1,44
P ₂ O ₅	= 0,15
H ₂ O + ...	= 1,74
H ₂ O —	= 0,11

100,31

Les paramètres correspondants sont :

III. 5. '4. '3.2.1.2.(2)3.

AGE DES ROCHES BASIQUES

La distinction entre ces deux groupes de gabbros n'est pas toujours aisée et c'est ainsi qu'il n'a pas été possible de rattacher avec certitude, à l'un ou à l'autre groupe, les roches qui constituent l'important massif de collines d'Iguilid dans l'Amsaga. Le cœur de ces collines est constitué d'un gabbro largement grenu, complètement ouraltisé mais sans trace aucune de tectonisation ; le pourtour du massif montre des schistes actinolitiques avec un peu de chlorite dont je n'ai pas découvert la signification. Cependant, il n'est pas douteux, à qui les a observés sur le terrain, qu'il existe en Mauritanie occidentale au moins deux séries d'intrusions basiques, dont l'une est beaucoup plus fraîche que l'autre.

(1) Détermination minéralogique de L. BODIN.

Mme JEREMINE, étudiant les échantillons récoltés par TH. MONOD [35], au laboratoire, mit également en évidence deux groupes de roches basiques en Mauritanie : l'un composé de dolérites parfaitement fraîches à pigeonite souvent accompagnée d'un pyroxène orthorhombique qui traversait la série primaire du synclinal de Taoudeni ainsi que celle du Zemmour où JACQUET a signalé ces roches [33] et qui s'opposerait aux roches presque toujours fortement altérées, intrusives dans le socle.

Cependant, cet auteur [37 p. 128] signale quelques cas exceptionnels où des dolérites intrusives dans le cristallin de Mauritanie sont intactes, et conclut (*op. cit.*, p. 172) qu'il est « permis de supposer que celles qui sont fraîches dans le socle sont de même âge que les filons dans le sédimentaire ».

Les quelques « tlobitate » de dolérite à structure fraîche que nous avons observés dans l'In-chiri, l'Amsaga et le Tiris peuvent être donc considérés comme intrapaléozoïques et rapprochés des venues basiques, beaucoup plus importantes dans tout le reste de l'A.O.F., qui ont percé la couverture primaire et semblent être postwesphaliennes [57 p. 46]. Quant aux autres gabbros, avec leur transformation en amphibolites, ils sont manifestement antérieurs. Les phénomènes de contacts qu'ils ont donné non seulement avec les gneiss à biotite de la Série de l'Amsaga et les schistes de la Série d'Akjoujt, mais aussi avec les granites du Tijirit, permettent de les considérer évidemment comme postérieurs à ces granites. De plus, le levé de la carte à échelle relativement grande de l'horizon d'Aguel Sidi, nous a montré que ces roches n'avaient pas été influencées par la tectonique de la Série d'Akjoujt. D'autre part, jamais les géologues étudiant la base du Primaire d'A.O.F., et notamment TH. MONOD qui connaît bien le Cambro-Ordovicien de l'Adrar, n'ont signalé de telles intrusions antérieures aux dolérites qui ont atteint le Carbonifère, dans ces sédiments. Nous pouvons donc considérer ces intrusions comme précambriennes mais postérieures à l'orogénie de la Série d'Akjoujt.

Il est hasardeux de préciser à un plus haut point. Les signes certains de déformation mécanique que montrent nombre de leurs affleurements pourraient peut-être les faire considérer comme contemporains des derniers soubresauts de la tectonique akjoujtienne.

Par ailleurs, ROQUES [86 p. 616] a signalé des laccolithes de gabbros et dolérites traversant le Tarkwaïen de Gold-Coast et ayant subi un léger métamorphisme. La forme et l'étendue de certaines des intrusions de Mauritanie occidentale et notamment de celle qui sont sur le pourtour de l'auréole d'Aguel Sidi pourraient s'expliquer par des gisements laccolithiques. L'équivalent du Tarkwaïen n'est pas connu en Mauritanie, mais rien n'empêche qu'à cette époque il n'y ait pas eu une certaine activité magmatique dans des régions où la sédimentation tarkwaïenne n'avait pas lieu, et en particulier en Mauritanie.

Mais, tout cela n'est qu'hypothèse, et ce qu'il faut considérer comme sûr, et ce sera mon apport à la résolution de ce problème, c'est qu'une partie des gabbros de Mauritanie Occidentale est antépaléozoïque et postérieure aux plissements akjoujtiens.

CHAPITRE VIII

FILONS ET INDICES MINERALISES

Les Séries de l'Amsaga et d'Akjoujt, en dehors des granites et des roches basiques dont on vient de parler, ont été percées par différentes roches filonniennes. Quelques lignes ont été consacrées aux pegmatites et aux aplites lors de la description des granites (p. 139). On dira maintenant quelques mots sur les filons de quartz, puis cette description des roches de Mauritanie occidentale sera achevée par quelques indications sur les indices minéralisés, semblant en relation avec les roches précambriennes ⁽¹⁾ que nous avons pu observer.

LES FILONS DE QUARTZ

Les Séries d'Akjoujt et de l'Amsaga sont, toutes deux, percées de nombreux filons de quartz blanc, très compact, très homogène. C'est ce quartz qui forme, avec quelques alignements de gabbros doléritiques les rares affleurements que l'on trouve dans les massifs dunaires au sud d'Akjoujt où ils sont relativement très importants. Ils forment des arêtes molles, étendues, servant de points de repère aux indigènes qui les nomment « Adam » : Adam Legleié, Adam eb Bouj, Adam Ourouna, etc... Il en est de même pour l'Oumat el Beid.

Le rag qui se trouve au sud-ouest d'Akjoujt est jonché de fragments de ce quartz, ce qui donne à penser que de nombreux filonnets doivent être proches de la surface de ce rag. Ces filonnets forment des têtes très nombreuses dans toute la région d'Aguel Sidi ; ils sont également très fréquents dans toutes les collines des environs d'Akjoujt. A l'ouest et au nord ouest de ce poste, ces filons de quartz deviennent très importants et forment les petites collines de l'Arériate el Bird, les arêtes rocailleuses de l'Akhdegite et de l'Hareicha et le massif plus important de l'Atilis.

L'Adam Tamat (Amsaga occidentale) doit son nom en partie à ces filons de quartz qui se retrouvent nombreux sur le Rag el Abiod (« terrain blanc») à l'ouest de Kalla.

Plus au nord, ces filons deviennent moins nombreux, mais restent parfois très importants ; ils portent alors le nom générique de Temiche (au pluriel « Temichat », c'est-à-dire pierre à fusil, à feu) : Temiche Touyerma, Temiche Iguilid, Temiche el Atrouss, etc...

Mentionnons aussi, à la frontière sud du Rio de Oro, le petit guelb de Takoust, formé de quartz rosé que l'on retrouve constituant la colline d'Anoueil, et une série d'« Adam » s'alignant sur la rive du Khat Atoui.

Ces quartz filonniens sont également très nombreux aux environs immédiats de Fort-Gouraud où ils sont en relation avec les pegmatites mentionnées plus haut.

Enfin, au nord de la sebkha d'Idjil, ces filons de quartz deviennent très importants et forment la plupart des nombreuses collines de cette région : Zazayat, la plus grande partie des Gleibat el Barka, et l'important massif de Mijik, à cheval sur la frontière franco-espagnole.

Dans cette zone, le quartz est associé à un mica chromifère d'un joli vert, abondant en particulier sur le versant est de Mijik, qui donne à la roche une belle teinte vert émeraude.

(1) Il ne sera donc pas fait mention des gisements sédimentaires tels que, par exemple, la sebkha Idjil.

Ce quartz, toujours très compact, saccharoïde, ou laiteux, non « corrodé », ne se montre que rarement minéralisé et toujours en quantité très faible.

Quelques mouches de malachite ont été notées entre Akjoujt et Aguelit Sidi au sud-est et au sud-ouest de l'Hajakh Dekhen, dans un filon de l'Adam Bissiné (Tasiast), et à el Archeouat du Tijirit, un peu de pyrite aux environs d'Akhdegite (Inchiri), entre Tajalet en Niagga et Tajalet Legraa, et dans un petit guelb des Zazayat ouest.

L'analyse chimique n'y a jamais montré plus que quelques traces d'or et la prospection d'aucun de ces indices n'a été entreprise.

Dans la région d'Akjoujt, ces quartz contiennent localement de l'hématite ce qui parfois peut faire confondre la roche avec les quartzites compacts à hématite. Cette hématite peut devenir prédominante ; très souvent, on y retrouve des clivages caractéristiques de carbonates, traces de sidérose altérée. Ce minéral constitue également des loupes que l'on rencontre fréquemment dans les roches de la Série d'Akjoujt, surtout dans les chloritoschistes. Ces lentilles sont parfois insérées entre les différents bancs schisteux (sud d'Irarchen, nord d'Araguib) ; plus souvent, elles les recoupent. La sidérose, dans les lentilles les plus importantes, voisine avec la dolomie, parfois de la calcite (oued Jennin).

La disposition de ces lentilles par rapport aux schistes, leur fraîcheur et surtout le fait qu'elles ont été vues, dans la plupart des cas, associés au quartz, montrent l'origine filonienne de ces carbonates. Les quelques tranchées faites sous mon contrôle ou sous celui de M. MAGNAT, Ingénieur du Bureau Minier, montrent que ce quartz occuperait souvent, mais non constamment, une position centrale par rapport aux carbonates (1).

Ces lentilles de carbonates sont très fréquentes dans les roches d'Akjoujt : Lembetehat, au sud d'Akjoujt, versant sud d'Atomaye, des hauteurs du Khat Louibilet, etc..., mais elles sont surtout abondantes à 6 ou 7 km à l'ouest d'Akjoujt (sud-ouest de guelb Moghreïn) et dans toute la région qui va de Bou Siroual à Akouejat. Comme ces deux zones ont montré des indices minéralisés qui ont donné lieu à des travaux de prospection plus ou moins poussés, elles seront décrites en détail.

GISEMENT CUPRIFERE DE GUEL B MOGHREIN

Le guelb Moghreïn est constitué par deux collines situées à 4 km à l'ouest du poste d'Akjoujt, émergeant de façon abrupte au milieu d'une zone presque plate (Pl. XIX, fig. 1) ; le point culminant est le piton de la colline orientale, qui a un aspect bien caractéristique (85 m de hauteur de commandement) et a donné son nom au guelb : colline de la Corne (Pl. XIX, fig. 2). Cette colline a environ 500 m de long et une largeur qui varie de 100 à 300 m. Elle est plus déchiquetée que la hauteur occidentale. Celle-ci, de forme plus massive, est plus petite ; elle a grossièrement la forme d'un croissant de 350 m de long et, au centre, de 200 m de large ; elle culmine à 74 m (d'après le levé CHARAVEL).

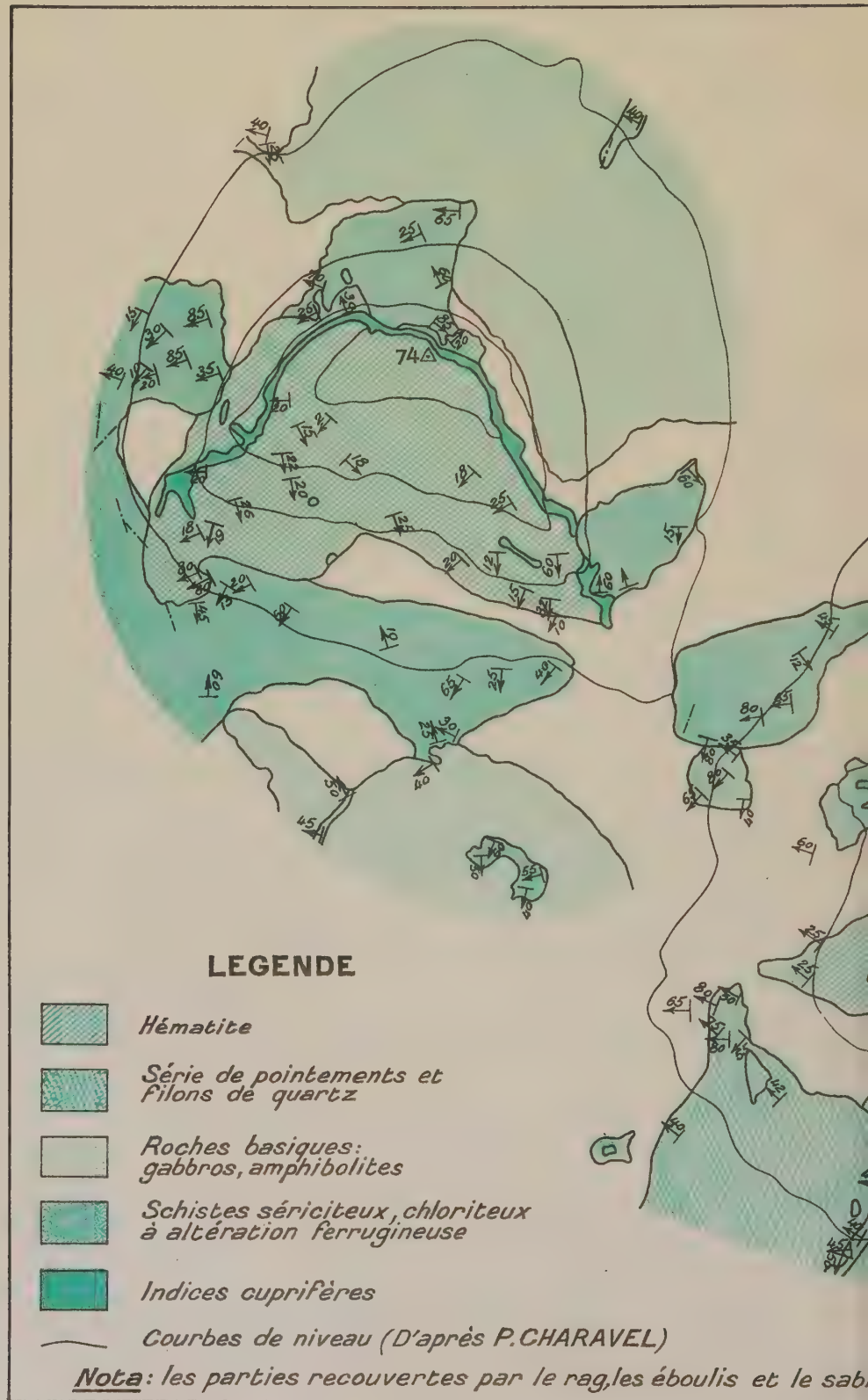
En avril 1946, lors d'une tournée faite en compagnie de G. ARNAUD, alors Directeur des Mines, un métis à mon service, Salek Ould Lamberton, y trouva des roches imprégnées de malachite (2).

Quelques échantillons choisis montrèrent à l'analyse des teneurs intéressantes : 14,40 % de Cu pour un échantillon, 4,40 % pour un autre. Ces résultats parurent encourageants et une

(1) En réalité, il s'agit de « carbonatites » qui se sont montrées assez largement répandues dans la Série d'Akjoujt où, parfois, elles sont associées à des albitites. (*Note ajoutée en cours d'impression.*)

(2) MALAVOY [67], en 1931, avait déjà signalé l'existence de gisements de cuivre dans la Série d'Akjoujt, mais sans préciser le lieu de ses observations. SEGAUD [87] a, quelques années plus tard, rappelé cette découverte, mais sans plus de précision.

Si les Maures semblent avoir négligé les minerais de cuivre, leur intérêt avait été reconnu par les populations néolithiques : presque chaque indice de cuivre actuellement repéré dans l'Inchiri est marqué par d'anciens travaux plus ou moins importants et presque totalement remblayés. C'est ainsi que l'extrémité est de la colline orientale de Moghreïn comporte un ancien puits à proximité duquel mon ami Huor a récolté des scories, restes d'une ancienne métallurgie. A l'oued Jennin, J. J. HALLEMANS, Ingénieur du Bureau Minier, a recueilli un important outillage néolithique dans les remblais d'anciens travaux.



ETUDE GEOLOGIQUE DES GUELBS MOGHREIN

Echelle: 1/5.000^e



é laissées en blanc

prospection sommaire fut décidée ; elle débuta par un levé géologique reporté sur un fond topographique au 1.000 que P. CHARAVEL, Ingénieur de la Direction des Mines, établit avec grand soin quoique ne disposant que de moyens de fortune.

Carte géologique.

Cette carte montre que ces collines sont constituées par cinq types de roches : des schistes, des roches basiques, du quartz filonien, des formations ferrugineuses localement imprégnées de malachite ou d'autres minerais cuprifères de la zone d'oxydation.

LES SCHISTES

Ce sont des schistes chloriteux ou sériciteux typiques appartenant à la Série d'Akjoujt. L'amplitude des pendages varie de l'horizontalité ou de quelques grades à la verticalité ; les directions tectoniques qui, à plusieurs kilomètres du guelb, sont subméridiennes, s'infléchissent en une petite flexure à concavité tournée vers l'ouest. Au voisinage des collines, les directions des schistes sont d'ailleurs très perturbées et on observe fréquemment, sur deux ou trois mètres, plusieurs changements de direction formant des plissements incartographiables, même à l'échelle du 1/1.000.

Ces schistes sont nettement antérieurs aux autres roches : les filonnets de quartz n'ont pas modifié les schistes à leur contact (qui a été dénudé dans une tranchée sur le flanc sud du guelb oriental), mais n'ont pas été affectés par les plissements de la série schisteuse ; les amphibolites, par contre, ont quelque peu métamorphisé les schistes qui, à un ou deux mètres des contacts, s'enrichissent notablement en amphibole et parfois passent à des véritables schistes amphiboliques. Un puits creusé sur le versant ouest de la colline occidentale a rencontré une masse irrégulière et spongieuse d'hématite mouchetée de malachite dont les digitations sont littéralement emballées par les schistes qui se moulent sur les nodules d'hématite en s'enrichissant en longues aiguilles d'asbeste ferrugineux. On rencontre également fréquemment des passées schisteuses très tourmentées pincées dans l'hématite qui semble les avoir entraînées. Ce sont les formations ferrugineuses qui, à leur contact, ont le plus affecté la nature des schistes par un processus non encore expliqué : il est fréquent qu'à leur voisinage, les schistes deviennent ferrugineux et, en 4 ou 5 m, on passe des chloritoschistes vert pâle à des schistes à hématite rouge vif. Cette altération peut même être poussée à un point qu'on se trouve en présence de roches vacuolaires, roses, ayant perdu toute trace de schistosité, dont l'origine ne peut être établie qu'en suivant leur passage aux schistes typiques. Aux points où les schistes sont pincés en lentilles dans l'hématite ou en placages sur cette roche, il y a fréquemment développement d'amphibole asbestiforme en fibres atteignant jusqu'à 8 cm de long et apparition de gros octaèdres de magnétite épigénisée en limonite ; ces octaèdres sont également visibles dans la masse même des formations ferrugineuses.

LES AMPHIBOLITES

Les amphibolites constituent, outre la croupe dominée par le piton du guelb oriental (Pl. XIX, fig. 2), une couronne autour de l'hématite dont elles sont, le plus fréquemment, séparées par une bande de schistes. Ce sont des roches noires, à grain fin, dures, assez denses, formées parfois presque exclusivement de hornblende ; elles dérivent de gabbros qui subsistent localement. Elles ne sont pas syntectonisées avec les schistes mais elles ont subi cependant des efforts mécaniques : en lames minces, on y voit des phéno-cristaux de hornblende écrasés au milieu d'une pâte formée de quartz à extinction roulante et de débris d'amphibole ; elles ne représentent qu'un cas particulier des « gabbros non frais » précédemment décrits.

LE QUARTZ FILONIEN

Le quartz filonien est largement développé sur les faces méridionales et orientales du guelb est, où l'on se trouve en présence de champs de filonnets de quartz grisâtre, corrodé, largement tacheté de fer, avec quelques cristaux de sulfure (chalcopyrite et érubescite) à une centaine de mètres à l'est du piton oriental. D'autres indices sulfurés ont été, par la suite, observés également par G. HUOT [31] dans les quartz filoniens au nord-est et au sud de cette colline.

FORMATIONS FERRUGINEUSES

La masse principale des deux collines est constituée par une roche ferrugineuse et siliceuse, dénommée « hématite » dans les premiers rapports — où l'on voit fréquemment des cristaux bien développés d'oligiste et qui est souvent magnétique.

L'aspect de cette « hématite » est différent sur les deux collines. Au guelb occidental, elle constitue une sorte de dôme s'ennoyant en pente douce sous les schistes du sud et formant une falaise abrupte au nord et à l'ouest ; un certain nombre de directions et pendages y ont été mesurés, mais ces données définissent plutôt la forme géométrique de l'affleurement qu'elles ne correspondent à des données géologiques. La roche y est compacte et se débite en grandes dalles (Pl. XX, fig. 1). Au contraire, sur la colline est, elle a fréquemment un faciès vacuolaire et on y rencontre de nombreuses concrétions fibreuses, en colonnettes ou en oolithes à structure radiée. La formation ferrugineuse se continue vers l'est par une « queue » où l'hématite se mélange avec de la sidérose bien caractéristique. Une petite lentille de braunspath se rencontre également au voisinage immédiat du piton de la colline orientale. D'ailleurs, les carbonates ferrugineux, soit incomplètement oxydés, soit révélés par les traces hématisées des clivages rhomboédriques, sont liés fréquemment aux oxydes de fer, notamment sur le guelb oriental et sur le flanc sud du guelb occidental. Le fer, au moins partiellement, n'a donc pas une origine sulfurée.

MINERAUX CUPRIFERES

A l'affleurement, le seul minéral visible semble être de la malachite avec rarement des traces d'azurite, sous forme d'enduits dus vraisemblablement à la circulation des eaux, ou des cristaux aciculaires à l'intérieur de petites géodes dans l'hématite.

Cependant, d'après une récente étude de *Minerais et Métaux* (décembre 1951), il semble que la malachite soit beaucoup moins abondante qu'on peut le supposer à première vue et que le minerai oxydé de couleur verte soit formé par un mélange d'atacamite $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ et de chrysocolle.

La minéralisation du guelb oriental est, à première vue, très localisée, alors qu'un premier examen montre des indices superficiels beaucoup plus importants sur la colline ouest. Ceci a été confirmé par l'échantillonnage systématique qui constitue le deuxième stade de la prospection.

L'échantillonnage.

L'échantillonnage de surface fut effectué par P. CHARAVEL par sautages à l'explosif répartis suivant un quadrillage de 50 m de côté ramené à 25 m pour quelques zones de la colline occidentale ayant semblé intéressantes à la suite d'un premier prélèvement périphérique. La quantité de roches abattues était d'environ une tonne pour chaque point d'échantillonnage ; la prise d'échantillon était réduite à 1 kg par broyage à la main et quartages successifs, puis expédiée à Dakar.

Le dosage des métaux précieux fut fait aux Laboratoires P. DUBOIS à Paris, celui du cuivre par R. MARTINET, Chimiste de la Direction des Mines. Trente-quatre analyses furent ainsi faites pour la colline orientale et trente-deux pour la colline occidentale. Je ne crois pas devoir commu-

niquer ici, dans le détail, les résultats obtenus, mais signalons que ces dosages ont confirmé la plus forte minéralisation de la colline occidentale qui, seule, pourrait éventuellement offrir un intérêt économique.

Dans une note, G. ARNAUD [1], alors Directeur des Mines en A.O.F., a montré que, dans cette colline, la minéralisation en or semblait assez homogène, alors que les teneurs en cuivre seraient les plus faibles dans les zones les plus plates et les plus fortes dans les zones de fortes pentes : il y aurait eu lessivage plus intense du cuivre dans les parties les plus plates. La gangue est constituée soit par de l'oxyde de fer (45 à 80 % suivant les échantillons analysés totalement) avec une assez forte proportion de silice, pouvant atteindre 40 %, soit par un carbonate complexe de fer, de magnésie et de chaux, ou « pistomésite » : 42 % CO_3Fe , 48 % CO_3Mg , 8 % CO_3Ca (renseignement dû à *Minerais et Métaux*). Le zinc est absent et le plomb à l'état de traces dans trois échantillons où ces métaux ont été recherchés.

Prospection géophysique.

Le gisement étant ainsi reconnu en surface, une campagne de prospection géophysique fut décidée pour essayer d'en connaître l'allure en profondeur. Elle fut menée par mon camarade G. HUOT, Ingénieur de la Compagnie Générale de Géophysique.

Au cours d'une première mission exécutée pendant l'hivernage 1947-1948, le gisement fut étudié par mesure de la polarisation spontanée ; quelques essais de résistivité furent également faits.

La colline orientale ne montre aucune polarisation spontanée appréciable, alors qu'elle est très forte sur le guelb occidental, ce qui corrobore les résultats des observations de surface (étude géologique et échantillonnage). La zone de minimum est une plage assez étendue à contours vagues et se situe sur l'hématite. Cette réaction conduit à admettre l'existence en profondeur de sulfures ou d'arséniosulfures. Cependant, fait très remarquable, l'étude d'échantillons montre que la magnétite de guelb Moghreïn est susceptible de donner de la polarisation spontanée, ce qui, paraît-il, est exceptionnel, et ce minéral intervient sans doute en partie dans la réaction observée à guelb Moghreïn. Le graphite, soupçonné d'être responsable de l'irrégularité des résultats, a été minutieusement recherché mais semble bien absent (1).

L'allure des courbes obtenues conduisit à l'hypothèse de l'existence d'une masse minéralisée subverticale. Les essais de résistivité confirmèrent cette hypothèse.

L'année suivante, le même Ingénieur conduisit une deuxième campagne de prospection géophysique, consistant, cette fois, à la mise à la masse du gisement. A la suite de cette étude, G. HUOT [31] conclut de nouveau à la disposition subverticale de la minéralisation avec un fort pendage S-SO et peut-être une minéralisation diffuse au sud du guelb oriental.

Sondages.

Cette connaissance en profondeur du gisement devait être complétée par une campagne de sondages qui fut commencée sous mon contrôle. Par la suite, la prospection fut reprise par le Bureau Minier de la France d'Outre-Mer et se continue encore actuellement (1952). Le premier sondage fut placé sur la face sud de la colline orientale et incliné de façon à recouper la colonne minéralisée que laissait supposer la prospection géophysique.

Il fut conduit à la couronne diamantée avec carottage continu de façon à suivre les variations des teneurs en cuivre et en or avec la profondeur (Pl. XX, fig. 2).

Il n'est pas possible de rapporter ici les indications chiffrées de ce premier sondage ; on peut indiquer cependant que la fin de la zone d'oxydation fut rencontrée vers 23 m et qu'au-delà le

(1) Cette opinion est à réviser : des tranchées faites par J. J. HALLEMANS, à 4 km à l'ouest de la colline occidentale, au contact de gneiss à muscovite et de cipolins de l'horizon d'Aguelt Sidi, ont mis en évidence des lentilles importantes de graphite intercalées entre les deux roches précédentes (décembre 1952). De plus, une étude en voie de publication, de H. RAMDOHR sur le minéral d'Akjoujt, a montré d'abondantes vermiculures de graphite dans les sections polies.

minéral se montra être de la magnétite avec une gangue de braunspath et des filonnets de chalcopryrite ; des aspects de cuivre gris furent décelés dans certaines carottes. Les sulfures ne sont pas uniformément répartis ; certaines zones semblent même être complètement stériles. Le mur du gisement, constitué par des amphibolites, fut rencontré à 67,50 m.

Deux des carottes de ce sondage ont été étudiées microscopiquement, en 1949, par M. FICHESSER [1], qui confirma ces observations macroscopiques en indiquant que la gangue était de la sidérose et contenait essentiellement des sulfures et de la magnétite ; ce dernier minéral corrode parfois la sidérose et existe en grandes masses à l'état plus ou moins disséminé dans le carbonate.

La venue des sulfures serait postérieure à ce minéral ; ce serait essentiellement : de la pyrrhotine, de la chalcopryrite corrodant plus ou moins les autres oxydes et sulfures, et quelques rares cristaux de mispickel. L'or n'a pas été décelé au microscope et serait à l'état de solution solide. Cependant, M. MOLLY, ayant ramassé quelques échantillons au sud du guelb oriental et les ayant broyés et lavés, y aurait vu un peu d'or libre. Par la suite, G. HUOT (*in litt.*), dans la même zone, qui est située en dehors des limites de notre levé géologique, a observé une brèche minéralisée, à proximité de quartz moucheté de sulfures ; cette brèche contiendrait, elle aussi, un peu d'or libre.

Il n'y a pas de pyrite, ni de calcite ; on note à cette échelle, comme à celle de l'observation sur le terrain, quelques groupements asbestiformes de trémolite ou de chrysolite (1).

Age et nature de la minéralisation.

Si, en plus des observations personnelles : carte géologique de détail et contrôle du sondage n° 1, les résultats des travaux de P. CHARAVEL et G. HUOT et les remarques d'autres géologues ou minéralogistes ont été rapportées, c'est pour essayer d'interpréter cette minéralisation. Cette interprétation sera bien précaire et sujette à caution, car on ne connaît encore que bien peu de chose des guelbs Moghreïn.

Une première question se pose dès le début de l'étude : la minéralisation est-elle en relation avec les roches basiques ? La répartition de ces roches et celle du minéral sont indépendantes et c'est ainsi que les amphibolites sont abondantes sur le flanc est de la colline orientale, où aucune teneur intéressante n'a été notée. Ceci indiquerait qu'aucune relation n'existe entre la minéralisation et les venues basiques, hypothèse qui est cependant controversée par d'autres géologues.

La minéralisation se serait faite en deux temps : la magnétite se serait d'abord mise en place et aurait été suivie des sulfures. Le quartz ne semble pas lié à cette minéralisation qui, toutefois, serait en relation avec des mouvements tectoniques dont les brisures de la dolomie seraient les témoins. Cette tectonisation serait assez dure au guelb occidental et beaucoup moins sensible dans la colline orientale. Elle serait soulignée par l'aspect en dalles du minéral du mamelon ouest, par les flexures des bancs de chloritoschistes, par la brèche découverte par G. HUOT et par la

(1) Une étude plus récente de E. RAGUIN (juin 1951), portant sur un plus grand nombre de carottes [13], m'a été aimablement communiquée par le Bureau Minier de la F.O.M. Cette étude confirme, en les complétant, les résultats de M. FICHESSER. Voici les conclusions de E. RAGUIN :

« Tous les échantillons étudiés sont analogues, aux proportions près des différents constituants.

» Le minéral est essentiellement formé d'une association de dolomie, magnétite, pyrrhotine et chalcopryrite. Dans ce minéral en place s'individualisent souvent des lamelles de cubanite ($\text{Cu Fe}_2\text{S}_3$). On observa aussi, çà et là, de petites inclusions d'un minéral du groupe de la gersdorffite (Ni As S ou peut-être Ni Co Fe As Sb S). Egalement des inclusions plus rares de mispickel.

» La dolomie apparaît souvent brisée avant la minéralisation. Elle est soit pure, soit associée à des agrégats aciculaires ou asbestiformes semblant formés d'une amphibole incolore.

» La pyrrhotine et la chalcopryrite corrodent la magnétite et la gangue en formant tantôt des inclusions très fines et des microfissures capillaires, tantôt des plages largement développées.

» La minéralisation est hypothermale, (magnétite, pyrrhotine), fait souligné par la présence de cubanite, minéral considéré comme un bon thermomètre géologique : 450°).

» A noter l'absence de quartz et de pyrite... »

E. RAGUIN poursuit en conseillant de doser systématiquement le cobalt et le nickel et, de fait, il semble que le minéral de guelb Moghreïn contienne des teneurs en cobalt économiquement récupérables.

dislocation des gros octaèdres de magnétite que l'on peut observer épars dans les blocs d'hématite. Le guelb oriental serait apparemment moins fracturé et, de ce fait, aurait moins bénéficié de la minéralisation.

D'autre part, je ne saurais préciser si cette dislocation est en relation avec la tectonique akjoujtienne, ou s'il s'agit d'un accident localisé et postérieur.

Ces déductions me semblent précieuses pour la poursuite de la prospection qui doit, à mon sens, consister en la recherche des zones fracturées.

E. RAGUIN pense qu'il s'agirait d'un amas filonien hypothermal ; ceci paraît vraisemblable au moins en ce qui concerne les sulfures, mais, pour l'origine de la magnétite, je me permettrai de faire remarquer qu'au sud-ouest du guelb Moghreïn, affleurent des lentilles de braunspath localement magnétique mais ne présentant aucune trace de sulfure ou de malachite.

Il ne faut donc pas exclure l'hypothèse, étant donné la position du guelb Moghreïn en bordure de l'horizon d'Agueli Sidi, qu'une partie de la magnétite, si ce n'est sa totalité, pourrait être considérée comme résultant du métamorphisme de contact de formations ferrugineuses, par le granite de l'Hajakh Dekhen, à l'égal de la magnétite de el Arériate el Khader ; ceci justifierait la plus grande abondance de ce minéral dans la colline occidentale.

Ainsi donc, dès le début de son étude, la minéralisation de Moghreïn montre une origine complexe bien difficile, actuellement, à élucider. Le problème est compliqué par la position du gisement en bordure du granite de l'Hajakh Dekhen, dont les filons aplitiques n'apparaissent qu'à quelques centaines de mètres plus à l'ouest (une granulite à tourmaline est visible au sud de el Khleijiat) et au contact d'importantes venues basiques.

Si l'on est actuellement certain que le gisement est postérieur à la Série d'Akjoujt, on ne peut encore décider quel a été le rôle joué par chacune de ces intrusions, qui sont également postakjoujtienues.

De nombreux problèmes d'ordre technique ou scientifique restent donc à résoudre. Les travaux de prospection — et sans doute, bientôt, d'exploitation — que poursuit actuellement le Bureau Minier de la France d'Outre-Mer, permettront sans doute, un jour, d'y apporter des solutions au moins partielles.

INDICES CUPRIFERES DE L'OUED JENNIN ET DES MASSIFS DE BOU SIROUAL, ARAGUIB, AKOUEJAT

Oued Jennin.

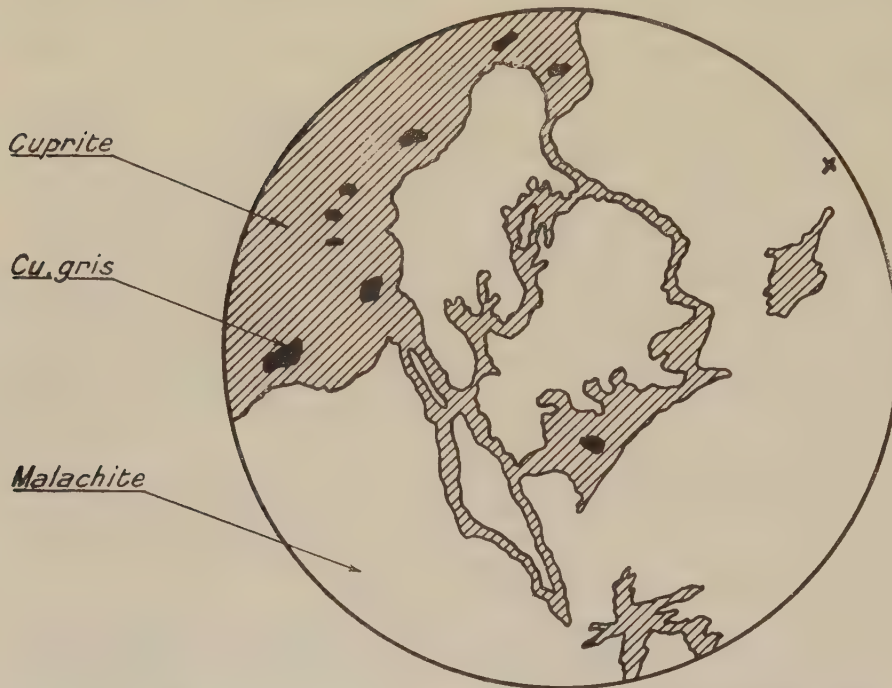
Alors que je cherchais à préciser la discordance existant entre les Séries de l'Amsaga et d'Akjoujt, j'avais pu récolter de nombreux galets cuprifères dans les lits des torrents à sec, affluents de l'oued Jennin et descendant du versant sud-est d'Irarchen.

L'analyse chimique de deux de ces échantillons indiqua des teneurs très élevées en cuivre. Une étude en lame polie (fig. 43), due à l'obligeance de J. BOLFA, montra que le galet étudié était composé de trois minéraux : de la malachite en belles plages entre lesquelles s'insinuent des filons de cuprite englobant parfois des cristaux de malachite ; les cristaux de cuprite sont bien formés, plutôt allongés ; enfin du cuivre gris est en inclusions très fines dans les deux minéraux précédents, mais semble plus abondant dans la cuprite. J. BOLFA a encore essayé, dans la section étudiée, d'estimer les proportions relatives des constituants, et il est arrivé aux résultats suivants :

malachite	40 %
cuprite	40 %
gangue	20 %
cuivre gris	traces

Oued JENNIN - Galet minéralisé

Section polie



Belles plages de malachite - Cristaux de dimensions régulières - Contacts nets Cuprite en filonnets noyant certains cristaux de malachite - Cristaux bien formés, plutôt allongés.

Cuivre gris, jamais en grandes plages, mais seulement en inclusions fines plus abondantes dans la cuprite que dans la malachite.

Fig: 43

Ces résultats semblèrent encourageants et P. CHARAVEL fut chargé de trouver le minéral en place. Ce travail conduisit à la découverte de deux points d'affleurement qui furent désignés sous les noms de gîte du Vieux et gîte Sainte-Barbe. Durant ce temps, je procédai à un levé géologique des environs, à l'échelle du 10.000, en m'aidant d'un fond topographique dressé avec des moyens de fortune, mais avec un soin remarquable, par P. CHARAVEL.

Les affleurements cuprifères sont situés dans les chloritoschistes qui surplombent les quartzites à faciès un peu spéciaux qui jalonnent la discordance d'Irarchen. En ce point, les chloritoschistes sont affectés de nombreuses flexures, avec des pendages ouest ou sud-ouest toujours très faibles, excédant rarement 30 gr et atteignant fréquemment l'horizontalité ; ils enserrent localement de petites loupes assez nombreuses, mais de très petite extension, de roches vertes syntectonisées dérivant d'anciennes venues basiques antérieures aux plissements et au métamorphisme de la Série d'Akjoujt (cf. p. 116). Un petit rejet a été noté mais la tectonique est, malgré cela, d'un style très doux.

Mais ce qui frappe, c'est le développement considérable des roches siliceuses et carbonatées : dolomie siliceuse, calcite, sidérose, pistomésite.

Des collines entières sont formées de ces roches noires ou orangées, érodées superficiellement de façon caractéristique. Les dolomies prédominent. Ces roches, noires ou rouille en surface, très résistantes, ont une cassure grenue, de couleur gris verdâtre ; elles font effervescence à l'acide mais sont toujours fortement siliceuses : elles raient l'acier et l'analyse chimique y a décelé des teneurs de SiO_2 pouvant dépasser 65 %.

La sidérose y est localement intimement associée ; la calcite est plus rare. En général, ces deux derniers minéraux sont bien cristallisés et présentent des clivages caractéristiques.

Ces roches ne présentent aucun signe de tectonisation, recoupent les chloritoschistes et les roches vertes dont elles englobent quelques septa. Elles affleurent en une grande masse, constituant en ce point le versant oriental d'Irarchen, masse qui se poursuit vers l'ouest en une série de traînées subparallèles dont la direction est absolument indépendante de la direction stratigraphique et de la schistosité des chloritoschistes encaissants. Elles sont donc postérieures à la Série d'Akjoujt.

Je les considérerais volontiers comme d'origine hydrothermale ⁽¹⁾, mais à cette hypothèse s'opposent, de façon péremptoire, les dimensions de l'affleurement principal dont la largeur est de 300 m, dont la longueur dépasse 700 m et qui s'élève à plus de 60 m au-dessus de la vallée. Je ne connais aucun remplissage filonien approchant de ces dimensions, même si on les réduit pour tenir compte des éboulis, qui sont importants.

Par contre, ces masses de « dolomies silicifiées » (pistomésite) sont peut-être dûes à d'importants phénomènes de métasomatose des éponges par de nombreuses venues filonniennes. En dehors de cette hypothèse, je ne vois pas d'autre explication pouvant s'accorder avec les observations sur le terrain. Depuis ce premier travail, d'autres recherches ont été entreprises par les Ingénieurs du BUMIFOM, mais j'ignore leurs conclusions.

Quoiqu'il en soit, le problème de l'origine de ces formations carbonatées est loin d'être résolu et demandera encore de nombreuses études sur le terrain ou au laboratoire. Enfin, il faut noter également la présence de quelques filonnets de quartz blanc, laiteux, compact, que je n'ai jamais vu minéralisé.

Cependant, la minéralisation cuprifère ne semble pas être en relation directe avec ces roches carbonatées. Au gîte du Vieux, ce sont des dalles d'hématite siliceuse, d'une trentaine de centimètres d'épaisseur, qui sont mouchetées de malachite et qui s'intercalent dans les chloritoschistes ; les dolomies sont assez éloignées de cet indice (une cinquantaine de mètres). Quelques terrassements ont montré que le minerai se coinçait très rapidement en profondeur ; il s'agirait des restes d'une lentille minéralisée interstatifiée.

A Sainte-Barbe, le minerai terreux a été trouvé à l'affleurement au sommet d'un col, au contact d'un « filon » carbonaté et des schistes ; ceux-ci, sur un ou deux mètres, prennent une coloration blanc grisâtre et un aspect farineux ; la minéralisation a parfois diffusé entre leurs feuillets. Du quartz caverneux, localement minéralisé, est plaqué contre la sidérose. Quelques tranchées ont mis à jour des éponges de limonite et des blocs de quartz parfois bréchoïde, moucheté de malachite et d'azurite, mais n'ont pas atteint la roche saine. Dans ce minerai, l'or n'existe qu'à l'état de traces ; le plomb et le zinc n'ont pas été décelés.

Kilomètre 14.

Au sud du massif de Bou Siroual, à proximité de la piste Akjoujt-Atar, à la hauteur de la balise du km 14, l'adjudant CLEMENT a trouvé, dans les éboulis des collines voisines, des blocs ferrugineux imprégnés de malachite avec même quelques mouches de chalcopryrite. Une tournée faite dans cette région a montré que la minéralisation était liée à plusieurs filons, sensiblement parallèles, de quartz associé à de la sidérose plus ou moins altérée, intrusifs dans les schistes chloriteux. L'étude de ce gisement a été reprise par la suite par M. DUCELLIER, pour le compte du Service Géologique, puis, par M. MAGNAT, pour le compte du Bureau Minier.

(1) M. BLONDEL, qui a vu des échantillons de calcite et de sidérose mais ne les connaît pas sur le terrain, serait également de cet avis (renseignement oral de G. ARNAUD).

Autres gisements.

En même temps que les galets cuprifères de l'oued Jennin, quelques indices avaient été notés au nord des collines d'Araguib. M. DUCCELLIER, reprenant l'étude de cette région, put découvrir le minerai en place ⁽¹⁾. La malachite y est également associée à du braunspath et à du quartz contenant parfois quelques mouches de sulfure. L'analyse chimique (faite par R. MARTINET) a décelé des teneurs d'or et de cuivre qui peuvent justifier des travaux de prospection. Ce même géologue a également découvert des imprégnations de cuivre, plus à l'est, dans des quartz filoniens, à Akouejat. Ce dernier gisement semble présenter un intérêt pratique moindre.

Conclusions.

Dans tous ces petits gisements, la minéralisation cuprifère est associée à des roches carbonatées et, plus directement, à du quartz ; elle est postérieure à la tectonique akjoujtienne. Elle semble bien avoir une origine hydrothermale.

Ces gisements diffèrent de ceux de guelb Moghreïn, où les carbonates, le quartz filonien et les sulfures sont également présents, par l'absence de magnétite. Deux explications de ce fait peuvent être données : ou de la magnétite existe également dans le gîte d'Irarchen-Araguib, mais en profondeur et n'a pas encore pu être mise en évidence ou elle est totalement absente ; dans ce dernier cas qui, personnellement, me semble plus vraisemblable, la présence de ce minéral à guelb Moghreïn s'expliquerait, ainsi qu'il a déjà été indiqué, par le remaniement de la sidérose préexistante par le granite de l'Hajakh Dekhen dont, évidemment, l'action n'a pu se faire sentir jusqu'au Bou Siroual ou Irarchen.

AUTRES INDICES MINERALISES

En dehors de quelques mouches de malachite précédemment signalées (p. 180) dans les quartz filoniens, quelques traces de malachite et d'azurite ont été également rencontrées dans des lentilles de quartz incluses dans des amphibolites de l'Adam Tamat, à proximité immédiate de leur contact avec des gneiss leptynitiques.

Ce contact est souligné par des roches sombres, largement tachetées de rose vif que je considère comme des « faciès d'adinoles » (large développement d'albite avec des zones très riches en épidote, d'autres en chlorite et des orthoses altérées) et qui contiennent également quelques mouches d'azurite. Dans ce cas, le cuivre semble être en relation avec les roches basiques.

A l'ouest de Kalla, une roche à texture microgrenue, écrasée, semblant former des filons de quelques décimètres de puissance dans les gneiss à biotite du rag el Abiod, associée à des filons de quartz tectonisés, s'est montrée contenir également quelques mouches de malachite.

L'analyse des échantillons prélevés dans ces deux gisements a montré qu'ils ne présentent aucun intérêt pratique.

CONCENTRES

Les alluvions de quelques oueds bien tracés et assez profonds ont été lavées. Ce sont surtout les « chellkhats » des collines de l'Inchiri qui ont été favorables à cette étude, mais les ravins de la koédia Idjil et les oueds dévalant des filons de quartz de el Ouessat ont été également prospectés sommairement ; par contre, les larges « bathas » de l'Amsaga et les « ouadi » très plats du Tasiast n'ont pas été étudiées : pour pouvoir y prélever des alluvions intéressantes, il aurait fallu s'y trouver peu de temps après une pluie abondante qui aurait déblayé leurs lits très plats et ne se distinguant du rag avoisinant que par une forte densité de la végétation. Cette occurrence ne s'est jamais présentée.

(1) Il subsiste en ce lieu, de même qu'au Km 14 et en un point de Moghreïn, des restes de vieilles fouilles. Ces travaux sont très anciens et datent vraisemblablement d'avant l'invasion arabe. De nombreux tombeaux « bafours » se rencontrent au voisinage de Moghreïn et sont peut-être en relation avec ces premières tentatives d'exploitation minière. Un de ces tumuli a été déblayé et quelques débris d'industrie (poterie et perles en coquillage) ont été recueillis et envoyés à l'I.F.A.N. Ajoutons que l'outillage préhistorique en cuivre est très peu connu en Mauritanie où, jusqu'ici (1951), seulement trois pointes de flèches en ce métal ont été trouvées, alors que les industries en pierre polie sont extrêmement abondantes.

Les alluvions ainsi lavées n'ont jamais montré de minéralisation intéressante ; même dans les oueds descendants des collines de Moghreïn, l'or est absent. En général, les concentrés alluvionnaires consistent surtout en sables noirs à magnétite, hématite et ilménite, chacun de ces minéraux pouvant dominer suivant le gisement considéré. Les autres minéraux abondants dans ces concentrés sont les grenats roses ou rouges, les zircons, souvent l'épidote et la zoïsite ; l'augite, l'olivine, l'amphibole, la tourmaline, le rutile, sont fréquents mais moins abondants.

La barytine est abondante dans l'oued Lekhleijate et dans les chellkhats du versant nord d'Irarchen ; la teneur en apatite des alluvions récoltées dans le défilé de Tazadit (koédia Idjil) est remarquable.

En résumé, le lavage de ces alluvions n'a donné aucune indication intéressante quant à la minéralisation de ces formations.

CHAPITRE IX

LA QUESTION DES SERIES INTERMEDIAIRES EN MAURITANIE OCCIDENTALE

On a décrit (p. 102) comment se faisait, le long de la falaise de l'Adrar, le contact de la Série de l'Amsaga et des grès subhorizontaux. Ces grès présentent localement des accidents conglomératiques qui ont été étudiés par TH. MONOD [71]. Les faciès de grès que l'on rencontre de part et d'autre de ces conglomérats étant bien identiques, aucune discordance angulaire n'ayant été observée, je suis d'accord avec cet auteur pour considérer ces conglomérats comme représentant des accidents localisés où la sédimentation gréseuse était plus grossière (conglomérat intraformationnel). Il n'y a donc aucune raison pour scinder la série des grès de l'Adrar en deux cycles sédimentaires et, contrairement à F. JACQUET qui, en collaboration avec M. NICKES [34], avait décrit une série inférieure, plissée au Sénégal, mais dont les plissements s'atténueraient rapidement vers le nord (Mauritanie), je pense que le Cambro-Ordovicien de l'Adrar repose directement, en Mauritanie occidentale, sur le Socle Cristallin et que les étages nommés « Séries Intermédiaires » dans le reste de l'A.O.F. y sont absents ⁽¹⁾.

La terminaison septentrionale de la Série de la Falémé, connue encore au nord est de Bakel, reste donc à trouver ⁽²⁾. Par ailleurs, les rhyolites récoltées par TH. MONOD dans le Karet-Yetti et étudiées par Mme JEREMINE [35] appartiennent peut-être, par analogie avec la géologie du sud marocain (cf. p. 202), à un étage précambrien rattachable aux Séries Intermédiaires ; mais elles sont absentes de Mauritanie occidentale.

(1) MALAVOY [67] frappé de la faiblesse des pendages de la Série d'Akjoujt tendait, lors du début de son travail géologique en Mauritanie, à la considérer comme une série intermédiaire. Mais l'intrusion de l'Hajakh Dekhen élimine la possibilité de cette hypothèse, aucune granitisation importante n'étant connue dans les séries intermédiaires du reste de l'A.O.F.

(2) L'étude de ce problème vient d'être entreprise par L. RENAUD (décembre 1952).

Coupe schématique du Précambrien de Mauritanie Occidentale

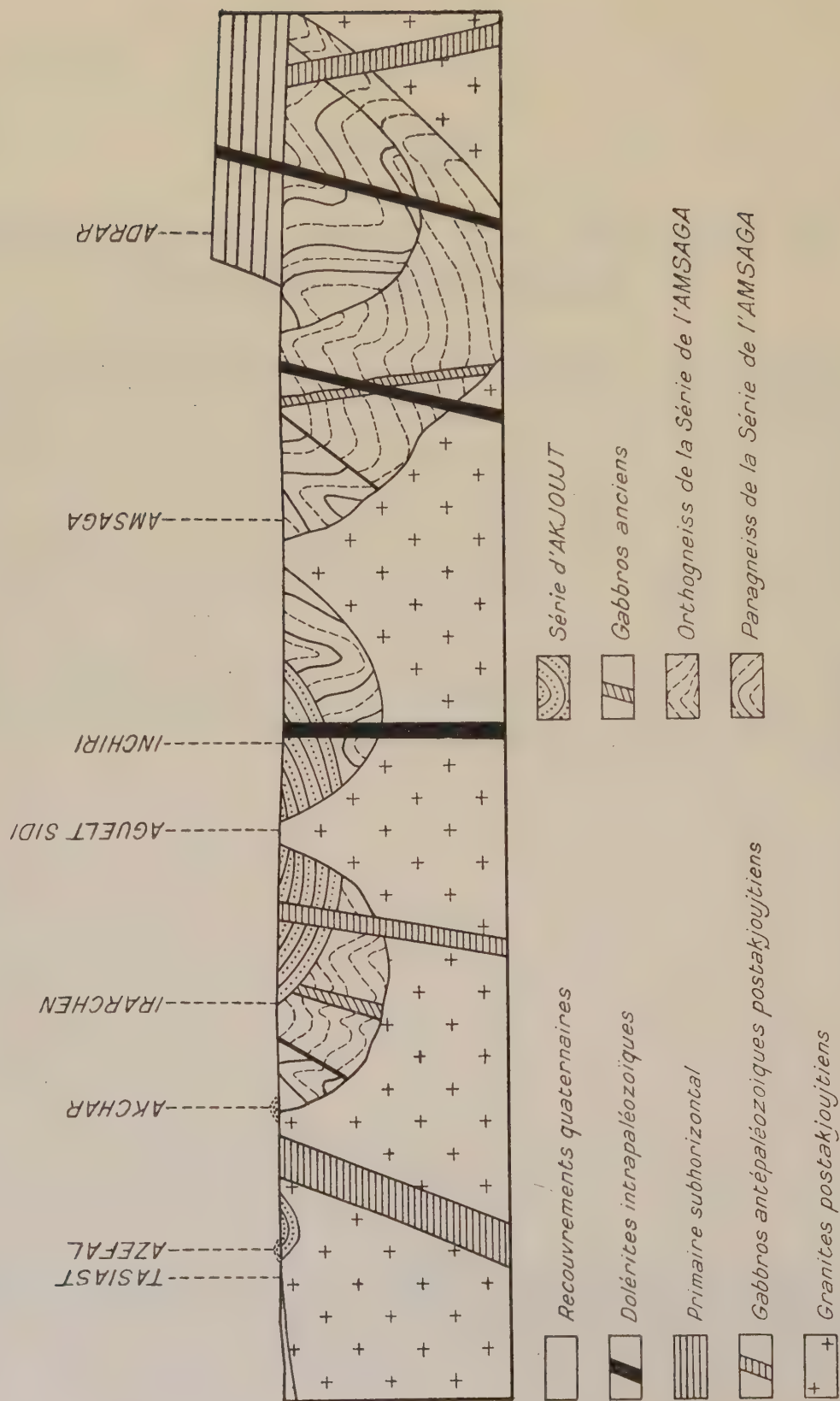


Fig: 44

CHAPITRE X

RESUME DE L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA MAURITANIE OCCIDENTALE

En Mauritanie occidentale, les formations les plus anciennes connues seraient un complexe de schistes cristallins d'origine para comprenant des gneiss à cordiérite et sillimanite, des quartzites ferrugineux, des leptynites et quelques roches, moins abondantes, provenant du métamorphisme de sédiments plus ou moins calcaires.

Ces sédiments auraient été affectés d'une première et importante granitisation. Ces granites sont, en général, calcoalcalins à biotite mais localement et assez fréquemment, ils passent progressivement, à des granites à hypersthène. Quelques intrusions basiques, d'âge indéterminé ont pénétré cet ensemble. Puis toutes ces roches auraient subi d'importants mouvements tectoniques, les redressant souvent à la verticale.

Cette orogénie aurait été accompagnée ou précédée d'un intense métamorphisme régional, de zone profonde, transformant respectivement ces différentes roches en paragneiss, en orthogneiss à biotite ou à hypersthène, ou en orthoamphibolites feldspathiques.

Tout cet ensemble constitue ce que j'ai appelé la « Série de l'Amsaga ».

Sur ce socle, une fois qu'il fut métamorphisé, plissé et déjà pénéplanisé, se sont déposés en discordance des sédiments, sans doute marins, dont l'épaisseur dépasse plusieurs milliers de mètres.

Ces sédiments ont d'abord subi un métamorphisme régional, en zone épi, transformant les roches originelles en schistes et en quartzites souvent ferrugineux. Puis, ils ont été pris par un nouveau cycle orogénique, moins intense toutefois que le précédent.

Ce nouveau cycle tectonique a été accompagné de la mise en place de nouveaux granites calcoalcalins à biotite qui ont métamorphisé à leur contact, une partie des roches préexistantes.

Cette granitisation a été suivie, peut-être de peu, d'une nouvelle série d'épanchements basiques.

A partir de ce moment, et jusqu'à nos jours, ces terrains ont cessé d'évoluer.

Sur ce bouclier, en discordance sur toutes les roches constitutives et qui étaient déjà fortement érodées, se sont déposés des sédiments divers mais à prédominance gréseuse, qui n'ont subi que des mouvements à grand rayon de courbure et sont restés, par conséquent, subhorizontaux. La base de cette « Série de Couverture » est considérée comme cambrienne.

Quelques intrusions de gabbros et de dolérite ont recoupé ces assises horizontales jusqu'au Carbonifère compris ; on retrouve quelques-uns des culots de ces venues dans le socle, là où l'érosion l'a dénudé.

Enfin, pour compléter cette brève histoire géologique de la Mauritanie occidentale, ajoutons qu'à la fin du Tertiaire ou au début du Quaternaire, la partie occidentale de ces terrains anciens a été recouverte par des grès bariolés, évidemment horizontaux, d'origine et d'âge mal déterminés (Grès du Tirsion) [3] sous-jacents à des calcaires lacustres et à des lumachelles marines quaternaires.

De nos jours, les formations désertiques, rags et dunes, prennent peu à peu possession de tout le pays qui s'ensable rapidement.

CHAPITRE XI

COMPARAISON DU PRECAMBRIEN DE MAURITANIE OCCIDENTALE AVEC LE PRECAMBRIEN DES PAYS VOISINS

Après avoir défini les différents caractères lithologiques des diverses formations du Précambrien de Mauritanie occidentale, ainsi que les cycles tectoniques qui les ont affectées, après avoir daté ces formations les unes par rapport aux autres, il reste à les comparer, autant que faire se puisse, aux différents étages qui ont été distingués dans le Précambrien des pays voisins, c'est-à-dire de l'Afrique occidentale (française et anglaise), du Sahara central, du Maroc français et du Rio de Oro.

COMPARAISON DU PRECAMBRIEN DE MAURITANIE OCCIDENTALE AVEC LE PRECAMBRIEN DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE

Dès 1939, P. LEGOUX avait rédigé une « *Esquisse géologique de l'A.O.F.* » [58] qui vient d'être complétée par un travail de M. ROQUES [86] lequel, pendant trois ans, a parcouru la plus grande partie du Précambrien d'A.O.F. sans toutefois avoir pu se rendre en Mauritanie. C'est aux divisions du Précambrien d'A.O.F. proposées dans ce remarquable exposé que je me référerai. D'ailleurs M. ROQUES y a déjà indiqué les corrélations pouvant exister entre les différents systèmes d'A.O.F. et les séries de Mauritanie occidentale. Je me rallie complètement aux conclusions de cet auteur et ne ferai que de les étayer par plus de détails.

Le socle gneissique.

Il est antérieur à toutes les autres formations et affecté de plissements intenses ; il a été dénommé « Dahomeyen » par M. ROQUES, car bien défini au Dahomey où R. PUGNET [78] a bien démontré cette antériorité.

Au Togo et au Dahomey, cet étage est constitué de gneiss d'origine ortho et para présentant tous les degrés de métamorphisme des micaschistes supérieurs aux faciès gneissiques les plus profonds avec des zones de migmatites nullement en relation avec les granites postérieurs. Au Soudan, les Gneiss de BOURRE, précédemment définis par ROQUES [85], appartiennent au Dahomeyen ; ce sont des orthogneiss rétro-morphisés dans la zone des micaschistes supérieurs. Au Sénégal, NICKLES et M. ROQUES [74] avaient déjà, en 1946, rapproché des gneiss de Bourré — et par conséquent du Dahomeyen — les micaschistes à biotite de Thiagnaf. En Guinée, A. OBERMULLER [75] a décrit un socle de gneiss surtout ortho, à faciès migmatitique, renfermant de nombreux septa de paragneiss à plagioclases, de quartzite ferrugineux ou à sillimanite et d'amphibolite.

Il est de toute évidence que la « Série de l'Amsaga » est à rattacher au Dahomeyen. Cependant, elle présente des caractères particuliers qu'il faut souligner. C'est d'abord son étendue qui n'a de comparable que celle du Dahomeyen du Togo-Dahomey. C'est ensuite l'abondance des formations à sillimanite et cordiérite qui rappellent quelque peu les quartzites à sillimanite de Guinée. Un autre aspect remarquable de la Série de l'Amsaga est son caractère essentiellement profond. On n'y a observé que des roches métamorphisées dans la zone des

gneiss inférieurs. Enfin, la caractéristique qui m'apparaît la plus singulière est la présence, dans ce socle, de gneiss à hypersthène de la série de la Charnockite. C'est la première fois que de telles roches auraient été signalées dans l'« Archéen Vrai » d'A.O.F. Ce fait serait peut-être en relation avec le précédent (existence essentielle de gneiss profond) puisque P. MICHOT (renseignement dû à M. ROQUES) qui a étudié des roches semblables en Scandinavie, les considère comme les faciès les plus profonds des gneiss.

Des gneiss à hypersthène, pétrographiquement semblables à ceux de Mauritanie ont bien déjà été décrits en Côte d'Ivoire par P. LEGOUX [57] et en Guinée par A. OBERMULLER [75] mais ces roches sont des différenciations de granités intrusifs dans le Birrimien, par conséquent beaucoup plus récents que le Dahomeyen et qui, *en dehors de leur composition minéralogique*, n'ont rien de comparable avec les gneiss à hypersthène de l'Amsaga (1).

En résumé, la Série de l'Amsaga est à rattacher au Dahomeyen du reste de l'A.O.F., mais elle représenterait un des faciès les plus profonds de cet étage.

Le Birrimien.

Le système Birrimien, tel qu'il a été défini par M. ROQUES (op. cit.) comporte, à la base, l'Akwapimien, surmonté en discordance par le Birrimien s.s. Ce dernier étage est divisé parfois par certains auteurs (notamment les géologues d'Afrique occidentale anglaise), en Birrimien inférieur et Birrimien supérieur. Les auteurs anglais ne partagent pas tous également l'opinion de M. ROQUES sur la position de l'Akwapimien dans le système Birrimien, mais cette discussion ne présente, ici, aucun intérêt, pour le but que nous poursuivons, à savoir la corrélation éventuelle de la Série d'Akjoujt et du Système Birrimien.

L'Akwapimien est constitué essentiellement par des quartzites de teinte claire.

Le Birrimien s.s. est représenté par des formations phylliteuses, de métamorphisme léger (zone épi), de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur avec quelques intercalations de quartzites feldspathiques. Dans sa partie supérieure, abondent des roches vertes interstratifiées (Birrimien supérieur des auteurs anglo-saxons).

La Série d'Akjoujt se rapproche du Birrimien par plus d'un caractère : position par rapport aux formations plus métamorphiques, abondance des formations schisteuses, degré de métamorphisme.... Mais la corrélation avec les étages de ce système sont plus délicates à faire.

L'équivalent de l'Akwapimien ferait défaut en Mauritanie occidentale et c'est le Birrimien « inférieur » qui semble le plus correspondre à la Série d'Akjoujt. Cependant, si l'on se rapporte aux descriptions de différents auteurs, il semble bien que les quartzites ferrugineux, qui, en Guinée représentent l'Akwapimien (Série du Simandou), sont plus abondants dans la Série d'Akjoujt que dans le Birrimien inférieur typique.

La Série d'Akjoujt aurait donc un caractère intermédiaire entre l'Akwapimien et le Birrimien inférieur. Une autre différence réside également dans le degré de tectonisation : alors que les couches du Birrimien typique sont en général isoclinales avec des pendages excédant généralement 60° [42], la Série d'Akjoujt possède une tectonique très douce, avec des formes structurales bien dessinées. Cependant, remarquons que les quartzites de Bakel et les schistes de Youké Amadi, qui représenteraient respectivement les affleurements d'Akwapimien et de Birrimien les plus proches des régions que nous venons d'étudier, ont des plongements ne dépassant pas 45° [74].

Enfin, la partie supérieure du Birrimien, caractérisée par l'abondance des laves basiques interstratifiées, n'aurait pas d'équivalent en Mauritanie occidentale.

(1) Comme différences, prouvant cette diversité d'âge, on peut noter que les faciès nettement granitiques de ces roches à hypersthène de Côte d'Ivoire sont fréquents alors qu'en Mauritanie, ils sont accidentels. D'autre part, dans les migmatites de ces roches, au pays de Man, c'est dans la matière « injectée » que se trouve l'hypersthène alors que, dans la Série de l'Amsaga, c'est la « trame » qui a la composition du gneiss à hypersthène.

En conclusion, la Série d'Akjoujt peut être considérée comme un faciès latéral du Birrimien et plus particulièrement de la partie inférieure du Birrimien.

Dans ce cas, la discordance notée à Irarchen entre les séries de l'Amsaga et d'Akjoujt serait donc l'équivalent des différentes discordances existant en plusieurs points de l'Afrique Occidentale entre le Dahomeyen et des sédiments appartenant ou rapportés à l'Akwapimien. Cette discordance a été observée par A. BATE [17] en Gold Coast, mais sa signification est vivement discutée ; en A.O.F., elle n'a jamais été vue directement sur le terrain mais ressort, par exemple, de la carte de la Guinée forestière levée par A. OBERMULLER [75], où l'on voit les quartzites du Simandou recouper les directions de gneiss soulignées par le figuré des couches d'amphibolites [76] ; au Soudan, la discordance de la Série d'Ansongo, rapportée à l'Akwapimien sur les gneiss de Bourré, est soulignée par des conglomérats localisés au voisinage de ce massif qui apparaît en boutonnière [85] ; au Sénégal, la plaine de micaschistes de Thiagnaf se présente également comme une boutonnière sous la série des quartzites de Bakel, constituant les collines périphériques ; les directions et les contours des deux formations indiquent également une discordance.

Les granites.

Un des caractères distinctifs du Birrimien des Séries plissées Intermédiaires, c'est qu'il est percé par des intrusions granitiques dont l'ensemble est désigné par M. ROQUES sous le vocable « Pluton Birrimien » et qui fait défaut dans les séries précambriennes supérieures. Les granites constituant ce Pluton Birrimien ont été étudiées en détail par L. BODIN [10], qui a bien défini non seulement leurs caractères minéralogiques, mais également leurs conditions de gisement. Cet auteur distingue finalement :

- les granites Baoulé, calcoalcalins, souvent à biotite, à contours subconcordants avec les roches encaissantes ; un des caractères distinctifs de ces granites, c'est leur hétérogénéité due aux variations de leur texture qui est tantôt équate, tantôt planaire, à la présence de mylonites intraformationnelles, à la multiplicité des venues éruptives dont certaines, plus leucocrates, correspondent aux aplogranites du pays de Man [57], à la présence d'enclaves à faciès migmatitiques (migmatites intra-batholitiques).

Au contact de ces granites et des micaschistes rattachés au Birrimien typique, dans la région du Baoulé, R. GOLOUBINOW [24] a signalé la formation de gneiss par développement de feldspath dans la trame des micaschistes ; cette auréole gneissique ne diffère de celle d'Aguel Sidi que par son amplitude moindre. A ces granites correspond le granite de Cape Coast des géologues anglais [36] ;

- les granites Mankono, qui sont les faciès porphyroïdes des précédents ; ils sont connus sous le nom de granite de Wineba, en Gold Coast ;
- les granites Bondoukou, à tendance calcosodique, dont la caractéristique est de recouper les terrains antérieurs à l'emporte-pièce.

Ils sont homogènes, postérieurs aux précédents, sans traces d'orientation. Leur équivalent en Gold Coast serait le granite de Dixcove ;

- les granites Ninakri, que l'on peut rapprocher des granites ultimes de l'Aïr, qui sont alcalins ou hyperalcalins. Ils sont caractérisés par leur composition alcaline et semblent plus récents que tous les précédents.

Là encore, la corrélation entre ces granites et ceux de Mauritanie occidentale semble aisée. Les caractères du granite du Tijirit sont bien ceux des granites Baoulé qui, d'ailleurs, sont répandus dans toute l'A.O.F. A plusieurs reprises, l'analogie des aplogranites de Côte d'Ivoire et de ceux du Tasiast a déjà été signalée. Les roches du guelb Léguenet sont un beau type des panneaux de migmatites intrabatholitiques disséminés à l'intérieur des massifs de granite Baoulé.

On a vu que le granite à grain normal du Tijirit avait, comme faciès de bordure, dans la région de Char, un granite porphyroïde auquel j'ai rattaché les massifs de granite totalement ou en majeure partie porphyroïde de Ténachfouil et de l'Hajakh Dekhen. Ces roches sont absolument identiques à différents types de granite Mankono décrits par L. BODIN.

Cependant, la comparaison des analyses chimiques et des diagrammes que nous en avons tirés, avec les résultats communiqués par L. BODIN, montre quelques divergences entre les granites de Mauritanie occidentale, d'une part, et les granites Baoulé et Mankono, d'autre part.

Rappelons le diagramme KCN, indiqué antérieurement, qui concrétise la place des granites de Mauritanie dans la classification de A. LACROIX, et comparons-le avec celui des granites typiques Baoulé et Mankono. On voit très rapidement que les granites de Mauritanie sont, soit monzonitiques, soit fréquemment akéritiques, alors que les autres sont franchement monzonitiques. Les granites de Mauritanie seraient donc plus sodiques que ceux du reste de l'A.O.F. Cette conclusion demanderait, il est vrai, à être vérifiée par des analyses plus nombreuses qui n'ont pu encore être faites.

Par contre, la comparaison des diagrammes construits d'après les paramètres de NIGGLI montre plus de ressemblance entre les deux groupes de roches. La roche principale représentant la série Baoulé a, d'après L. BODIN, les paramètres : $si = 218$, $al = fm = 31,5$, $c = 18,5$, $alk = 17$; celle représentant la série des granites de Mauritanie aurait comme paramètres environ (1) : $si = 238$ et $al = fm = 34$.

Malgré ces légères différences notées en comparant les analyses chimiques, je pense, à cause des analogies de mode de gisement et de structure, que les granites de Mauritanie occidentale sont bien un aspect des granites Baoulé du reste de l'A.O.F. Le tableau ci-dessous, dont les deux premières colonnes sont empruntées à L. BODIN, synthétisera les analogies et les différences notées plus haut :

Caractères	Type Baoulé	Granites de Mauritanie occidentale
Gisement	concordant	concordant
Auréole	développée	développée
Migmatites	intrabatholitiques	intrabatholitiques
Composition du massif	hétérogène, rarement homogène	hétérogène
Structure de la roche	grenue équi-granulaire ou porphyroïde	grenue équi-granulaire ou porphyroïde
Texture de la roche	massive ou orientée	massive ou orientée
Déformation de la roche	cataclase avec ou sans recristallisation	cataclase avec ou sans recristallisation
Type pétrographique dominant.	granite monzonitique	granite monzonitique ou akéritique
Tendance chimique d'après la teneur en alcalis	potassico-sodique	tendance sodique

(1) Rappelons que le point d'isofalie a été obtenu par extrapolation, les courbes $al = f(si)$ et $fm = f(si)$ ne se coupant pas sur le diagramme, d'où une source d'imprécision.

Quant aux granites Bondoukou ou Dixcove, ils sont absolument inconnus en Mauritanie occidentale. D'après les travaux en cours des différents géologues de l'A.O.F., il semble d'ailleurs que ces roches soient uniquement cantonnées dans la province éburnéenne qui occupe le centre de l'A.O.F.

Enfin, les granites alcalins ou hyperalcalins sont inconnus en Mauritanie occidentale, mais ils sont connus plus au nord, dans la région de Bir Moghreïn, en territoire français et espagnol, où ils ont été échantillonnés par F. JACQUET [37] et où L. NELTNER et moi-même les avons vus rapidement. G. ROCCI et J. SOUGY en ont actuellement entrepris l'étude.

Séries Intermédiaires.

On a vu qu'elles étaient absentes en Mauritanie occidentale et je ne reviendrai pas sur cette discussion.

Roches basiques.

Quant aux roches basiques, les intrusions postbirrimiennes mais antécambriennes, analogues à la majeure partie des gabbros de la Mauritanie de l'ouest, sont connues également en Afrique Occidentale, par exemple dans le bassin de Tarkwa [86] ou au Mont Nimba [55]. Les gabbros intrapaléozoïques affleurent largement dans toute l'A.O.F., en formant parfois des falaises remarquables dans la topographie [58]. Il n'y a donc rien d'étonnant d'en rencontrer quelques culots dans le socle précambrien de Mauritanie occidentale, mais ce qu'il faut au contraire y noter, c'est bien plutôt la faible importance des intrusions.

Ainsi donc, le Précambrien de Mauritanie occidentale est aisément rattachable au Précambrien de l'A.O.F., dont il se distingue cependant par quelques particularités de ses niveaux métamorphiques. Ceci justifie bien la division de G. ARNAUD [2], qui avait distingué un district mauritanien dans sa province atlantique, l'opposant et le rapprochant à la fois du district guinéen. Ces deux régions ont comme points communs la présence du Dahomeyen avec des faciès de quartzites ferrugineux et des roches alumineuses et la similitude des intrusions granitiques avec notamment l'absence de granites Bondoukou ; cependant, elles diffèrent par les faciès du Birrimien et par la présence, en Guinée, d'une Série Intermédiaire, celle de la Rockell-Falémé, dont l'aire d'extension n'a pas atteint la Mauritanie occidentale.

COMPARAISON DU PRECAMBRIEN DE MAURITANIE OCCIDENTALE AVEC CELUI DU SAHARA CENTRAL

C. KILIAN [47] a défini un étage Suggarien antérieur aux conglomérats de l'oued Sersouf (sud-est du Hoggar) et un étage Pharusien discordant et postérieur ; ces deux étages sont précambriens car recouverts en discordance par des grès horizontaux eux-mêmes surplombés de schistes à Graptolites du Gothlandien inférieur.

M. LELUBRE [59-60-61-62-63], dans une série de publications, a montré que le « Suggarien constitue deux blocs séparés par un vaste fossé pharusien : d'une part l'Ahaggar central (Hoggar central), d'autre part l'axe de l'Adrar des Iforas et le Tanezrouft oriental ». « Les séries suggariennes, en majeure partie d'origine sédimentaire, sont caractérisées par un métamorphisme cata. » Elles sont fortement plissées et comportent des gneiss parfois migmatitiques, en partie ortho, des amphibolites, des itabirites et surtout l'association caractéristique de quartzites blancs et de cipolins multicolores avec des granites écrasés et d'autres post-tectoniques. Le Pharusien, formant un immense fossé entre ces deux blocs suggariens, est constitué surtout par des schistes peu métamorphiques avec, à la base, d'importantes formations détritiques ou conglomératiques, et traversé par des granites post-tectoniques. A l'ouest de l'Adrar des Iforas (Tessalit), on peut distinguer, dans ce Pharusien, deux séries métamorphiques, discordantes, séparées par des coulées rhyolitiques. Le Pharusien inférieur est phylliteux, avec des chloritoschistes, des schistes lustrés, des mica-

schistes et des quartzites, tandis que le Pharusien supérieur peut compter plus de 1.000 m de conglomérats métamorphiques. R. KARPOFF, complétant largement ces observations dans l'Adrar des Iforas et notamment le Timétrine, a nommé « Système Nigritien » la partie supérieure du Pharusien, grés-conglomératique, violemment tectonisée [43] et plus récente que les grandes masses éruptives [45], et conservé le terme de « Système Pharusien » pour la partie inférieure discordante. C. KILIAN [48] a proposé de créer le nom de Relaïdinien pour la série inférieure qui, associée au Nigritien, constituerait le système Pharusien.

Quoi qu'il en soit de cette discussion de nomenclature, on a donc, au Sahara central, la discussion suivante :

Nigritien = série essentiellement conglomératique plissée postérieure aux granites.

D i s c o r d a n c e

Pharusien inférieur ou *Relaïdinien* = série phylliteuse, peu métamorphique, avec niveau détritique à la base, traversée par d'importantes masses granitiques et par des venues de rhyolites.

D i s c o r d a n c e

Suggarien = fortement métamorphique.

Cette fois encore, la corrélation entre ces séries et celles de Mauritanie occidentale semble facile à établir dans ses grandes lignes : le Suggarien est l'équivalent de la Série de l'Amsaga, le Relaïdinien ou Pharusien celui de la Série d'Akjoujt, tandis que le Nigritien n'est pas représenté en Mauritanie occidentale ; la discordance d'Irarchen peut être parallélisée avec celle de l'oued Sersouf. Mais, en dehors de ce rapprochement rapide, il faut faire ressortir certaines différences. L'association des quartzites et des cipolins est caractéristique du Suggarien ; cette association est totalement absente de l'Amsaga s. s., où les sédiments métamorphiques sont au contraire à tendance alumineuse (gneiss à cordiérite et sillimanite) ; par contre, l'abondance des quartzites ferrugineux et le développement plus grand des calcaires métamorphiques au Tiris rendraient plus semblable la Série de l'Amsaga de cette région au Suggarien. Mais c'est plus au nord que l'analogie est la plus complète : les Sfariat, qui sortent du cadre de cette étude mais que j'ai eu l'occasion de visiter [3], comportent l'association de quartzites ferrugineux et de cipolins bleus et seraient typiquement suggariennes. Au fur et à mesure qu'on s'avancerait vers le nord, la Série de l'Amsaga se rapprocherait de plus en plus du Suggarien ; elle constituerait en quelque sorte un faciès transitoire entre le Dahomeyen et le Suggarien (1).

La Série d'Akjoujt a le degré de métamorphisme du Pharusien (Relaïdinien) mais ne comporte pas les formations conglomératiques de la base de cet étage, qui sont peut-être un équivalent de l'Akwapimien ; elle serait, si l'on peut ainsi s'exprimer, l'équivalent du Pharusien moyen. Enfin, elle ne montre aucune rhyolite. A ce sujet, signalons que des rhyolites ont déjà été récoltées dans le Karet-Yetti [29]. On ne connaît pas encore leurs relations avec les autres roches précambriennes mais peut-être sont-elles l'équivalent de celles du Timétrine ? Cette hypothèse serait en accord avec la tendance de la Série de l'Amsaga à « devenir suggarienne » vers le nord. La confirmation ou l'infirmité de cette hypothèse sera sans doute apportée par G. ROCCI et J. SOUCY, qui viennent d'entreprendre l'étude de cette région.

Enfin, il reste à comparer les différents granites de ces deux parties du Sahara. D'après une étude récente de R. KARPOFF [46], il existerait, dans l'Adrar des Iforas, un granite suggarien rencontré dans les galets des conglomérats pharusiens et plusieurs granites pharusiens successifs, tous antérieurs au Nigritien et dont le plus jeune est hyperalcalin.

S'il est aisé de rapprocher le granite trouvé dans les conglomérats pharusiens des formes incomplètement recristallisées des orthogneiss de la Série de l'Amsaga, la comparaison est plus difficile à faire pour les granites pharusiens. Il semble que la granitisation ait été beaucoup moins complexe en Mauritanie occidentale que dans l'Adrar des Iforas, qui posséderait en propre

(1) Enfin, récemment, M. LELUBRE [63] a observé une série à hypersthène dans le Suggarien de l'Adrar des Iforas : c'est là une analogie de plus avec la Série de l'Amsaga.

certaines granites absents du Sahara occidental. R. KARPOFF indique l'équivalence du « granite des Iforas », le plus répandu dans l'Adrar, avec le granite de Winneba qui serait donc le pendant des formes porphyroïdes du granite du Tijirit de Mauritanie occidentale. La description que donne ce géologue du « granite des Iforas » confirme ce rapprochement. Mais R. KARPOFF considère ce granite comme post-tectonique, ce qui diffère de l'opinion que j'ai précédemment émise puisqu'il m'a semblé que ce granite était, en Mauritanie, syntectonique ⁽¹⁾.

Enfin, le granite de Bir Moghreïn est manifestement l'analogue du granite hyperalcalin, qui est le granite ultime de l'Adrar.

COMPARAISON DU PRECAMBRIEN DE MAURITANIE OCCIDENTALE AVEC CELUI DU MAROC FRANÇAIS

G. CHUBERT [13], résumant ses observations ainsi que celles de J. BOURCART et de L. NELTNER sur le Précambrien du Sud marocain, le divise en trois étages qui, de haut en bas, sont :

- le Précambrien III, ou série d'Ouarzazate, composé d'une succession de complexes non métamorphiques comportant des formations continentales (conglomérats, grès rouges avec des rares accidents calcaires) alternant avec d'importantes coulées rhyolitiques ; aucun granite n'y est intrusif ;
- le Précambrien II (Algonkien de L. NELTNER) ou série de Kerdous, composé essentiellement de quartzites et de schistes peu métamorphiques et comportant une venue granitique syntectonique (granite du Tazeroualt) et une venue granitique post-tectonique (granite de Tafraout) ;
- le Précambrien I (Archéen de L. NELTNER) ou série des Zenaga, formé par des schistes dont le degré de métamorphisme est supérieur à celui des schistes du Précambrien II et comportant également deux granites : l'un mésocrate ou d'Azguemerzi, l'autre leucocrate ou de Tazenakht, nettement plus jeune que le précédent. Différentes discordances datent de façon indiscutable l'âge relatif de ces trois séries.

Dès 1947, G. CHUBERT [14], se basant surtout sur des arguments d'ordre tectonique, établissait un parallèle entre ces séries et celles de l'A.O.F. A la suite d'une tournée faite en compagnie de cet auteur dans le Sud marocain (été 1950), nous nous efforçâmes, dans une note commune [8], de préciser les relations de ces deux ensembles. Nos conclusions, basées sur des identités de faciès lithologiques et de degré de métamorphisme, pour ce qui concerne uniquement la Mauritanie occidentale, sont les suivantes :

- le socle gneissique (Dahomeyen-Série de l'Amsaga) n'est pas représenté au Maroc. Cette opinion avait été exprimée dès 1945 par G. CHUBERT [13] ;
- le Précambrien I marocain est l'équivalent de la Série d'Akjoujt ⁽²⁾ ; cette équivalence est fondée non seulement sur l'identité de degré de métamorphisme des schistes des deux séries, mais aussi sur le fait que le Précambrien I est pénétré par le granite d'Azguemerzi, qui offre beaucoup d'analogie avec le faciès porphyroïde du granite du Tijirit (type Mankono). Pour préciser, le granite d'Azguemerzi serait donc à rattacher au granite de l'Hajakh Dekhen. Ce sont ces déductions qui nous permettent de confirmer l'absence du Socle visible au Maroc ;
- les Précambriens II et III ne seraient pas représentés en Mauritanie occidentale. Ils seraient sans doute respectivement les équivalents du Tarkwaïen et du Falémien ;

(1) Une tournée faite en avril 1952, en compagnie de H. RADIER, dans la région de Tin Toudadine, à l'est de Kidal, nous a montré l'existence de granites comparables aux granites Bondoukou de L. BODIN, en une région où R. KARPOFF a figuré du granite des Iforas. (Note ajoutée en cours d'impression.)

(2) Contrairement à ce que j'ai écrit précédemment [4], la discordance observée entre les Précambriens I et II par L. NELTNER au Tizi n'Taratine (*Etudes géologiques dans le Sud marocain*. Notes et Mém. Service Mines Maroc n° 42, Rabat, 1938) n'a donc rien de comparable avec la discordance d'Irarchen.

— les autres granites du Précambrien marocain ne seraient pas représentés en Mauritanie occidentale.

Il a été possible de formuler d'autres hypothèses au sujet de ces étages du Précambrien marocain, mais elles sortent du cadre géographique de cette étude et il n'y a pas lieu de les rapporter ici.

COMPARAISON DU PRECAMBRIEN DE MAURITANIE OCCIDENTALE AVEC CELUI DU RIO DE ORO

Les géologues espagnols semblent s'attacher surtout à l'étude des terrains sédimentaires du Rio de Oro (Primaire, hamada, Néogène et Quaternaire) et les seules indications sur le Précambrien du Tiris espagnol ⁽¹⁾ dont j'ai eu connaissance sont, d'une part, l'étude ancienne mais si minutieuse de QUIROGA [79] et, d'autre part, quelques renseignements puisés dans les travaux que m'a aimablement communiqués MANUEL ALIA MEDINA et qu'il vient de résumer en un récent travail, ou dans la correspondance échangée avec F. H. PACHECO.

Ces auteurs se sont attachés surtout à décrire les différents types pétrographiques mais n'ont pas encore tenté d'étudier les relations existant entre eux. D'après leurs descriptions, il semble que le Tiris et le Karet-Yetti espagnols soient surtout formés de granites recoupés par des intrusions basiques avec, de-ci de-là, des lambeaux d'autres roches. Parmi ces autres roches, certaines semblent bien être la suite de la Série de l'Amsaga, dont il est logique de trouver la continuation au-delà de la frontière méridionale du Rio de Oro. Ce sont des orthogneiss, des leptynites correspondant sans doute à la terminaison septentrionale des leptynites grenatifères du massif d'Anouchlat, des roches amphiboliques et pyroxéniques. Certains gneiss à diopside décrits par QUIROGA doivent avoir une origine para.

Le « Paléozoïque » de QUIROGA formé d'un complexe de quartzites grès, de schistes foncés plus ou moins siliceux et de calcaires saccharoïdes clairs, redressés presque à la verticale, paraît être à rattacher à la Série d'Akjoujt dont il est intéressant de noter l'extension si au nord. Par ailleurs, ALIA MEDINA signale « des schistes bleutés, peut-être algonkiens », orientés NO-SE, près du puits de Meirich. F.H. PACHECO (in litt. 1947), dans l'expédition qu'il fit en compagnie de VIDAL BOX entre Villa-Cisneros et le poste espagnol de TIXLA, a reconnu des sédiments métamorphisés, orientés N-NE à S-SO extraordinairement plissés, paraissant pincés en étroit synclinal dans le batholite granitique ; il s'agit de quartzschistes et de quelques micaschistes. Correspondent-ils au Précambrien ou au Paléozoïque inférieur ? Le géologue espagnol penche pour cette dernière hypothèse car, à proximité, affleurent des gneiss typiques. Je serais d'un avis opposé à cause du degré de métamorphisme de ces sédiments et surtout de leur forte tectonisation et rapprocherais cet affleurement de ce qui a été observé dans la région d'Adheiliet Ahmoud. Il y a donc tout lieu de penser que la Série d'Akjoujt existe en lambeaux assez importants au Tiris espagnol.

Les granites décrits par ces deux géologues semblent, en majorité, être analogues à ceux de Mauritanie occidentale avec une large répartition des faciès porphyroïdes. Certains gneiss, glandulaires ou non, décrits par QUIROGA, semblent bien être des granites orientés.

Cependant la nature granulitique des quartz et le caractère sodicopotassique des feldspaths des granites de DUMUS en feraient l'équivalent des granites alcalins de Bir Moghrein auxquels il doit y avoir également lieu de rattacher la syénite néphélinique de AUSSERT.

Enfin, les nombreux dykes de roches basiques (diabases de QUIROGA) qui traversent le granite du Yetti et du Tiris espagnols sont évidemment l'équivalent des intrusions basiques récente anté ou intra-paléozoïques, observées en Mauritanie occidentale.

(1) Le Précambrien de la rive espagnole de l'Oued Dra et de l'enclave d'Ifni, qui est identique au Précambrien du Sud marocain français, ne sera pas envisagé.

Mentionnons enfin qu'ALIA MEDINA signale l'absence en territoire espagnol des rhyolites récoltés plus à l'est, dans le Karet-Yetti français.

En résumé, le Tiris et le Karet-Yetti espagnols montrent, comme il fallait s'y attendre, des formations précambriennes absolument semblables à celles que l'on peut observer en territoire français.

Cette étude paraîtra bien sommaire et l'on pourra aisément me reprocher d'avoir abordé de nombreuses questions sans jamais y répondre complètement. Il ne m'a pas été possible d'agir autrement ; je pourrais presque dire que tel était mon but. En cinq ans, je ne pouvais espérer mener à bien l'étude géologique complète d'un pays dont la superficie est à peu près le dixième de celle de la France, dont on ne connaissait seulement que quelques indications sur sa constitution lithologique et dont certaines parties sont d'un accès malaisé. Je n'ai voulu qu'esquisser les grandes lignes de sa géologie et n'ignore pas qu'il reste encore beaucoup à faire avant que cette esquisse devienne une étude géologique. Certaines de mes hypothèses se montreront sans doute erronées, mais j'estimerai avoir atteint mon but si ce travail a pu préciser la direction des futures recherches géologiques en Mauritanie occidentale.

BIBLIOGRAPHIE

1. ARNAUD, G. — *Divers rapports et notes.* Arch. Dir. Mines A.O.F.
2. ARNAUD, G. — *Les ressources minières de l'Afrique Occidentale.* Bull. Dir. Mines A.O.F., n° 8, Dakar, 1945.
3. BLANCHOT, A. — *Différents rapports.* Arch. Dir. Mines A.O.F.
4. BLANCHOT, A. — *Sur la découverte d'une discordance dans le Précambrien de Mauritanie Occidentale.* C.R. A. Sc., 1946, t. 22, p. 1450-1452.
5. BLANCHOT, A. — *Observations sur les roches archéennes de Mauritanie Occidentale.* C.R. S.S.G.F., fasc. 13-14, 1948, p. 285-287.
6. BLANCHOT, A. — *Le gisement de fer de Fort-Gouraud. Historique de sa découverte et des premiers travaux de prospection.* Chr. Mines Colon., n° 181-182, 15 juill.-15 août 1951.
7. BLANCHOT, A.
et BODIN, L. — *Sur l'existence de granite à hypersthène en Mauritanie Occidentale.* C.R. S.S.G.F., n° 8, 25 avril 1949.
8. BLANCHOT, A.
et CHOUBERT, G. — *Comparaison entre le Précambrien marocain et le Précambrien de Mauritanie Occidentale.* C.R. S.S.G.F., n° 4, 5 févr. 1951.
9. BLANCHOT, A.
et WEPPE, M. — *Genèse de la Brèche d'Idjil.* C.R. S.S.G.F., n° 11, 4 juin 1951.
10. BODIN, L. — *Contribution à l'étude des massifs granitiques de l'A.O.F.* Arch. Dir. Mines A.O.F., 1948-1949.
11. BOWEN, N. L. — *Progressive metamorphism of siliceous Limestone and Dolomite.* Journ. of Geolog., n° 3, vol. XLVIII, An. Mai 1940.
12. BUGGE, J. A. W. — *Geological and Petrographical Investigations in the Kongsberg. Amble Formation.* Norg. Geol. Unders, Oslo, 1943.
13. CHOUBERT, G. — *Sur le Précambrien marocain.* C.R. Ac. Sc., t. 221, 1945, p. 249.
14. CHOUBERT, G. — *La correspondance probable des séries précambriennes marocaines avec celles de l'A.O.F.* C.R. S.S.G.F., 1947, p. 241.
15. CHUDEAU, R. — *Note sur la Mauritanie.* B.S.G.F., 4, X, 1910.
16. CHUDEAU, R. — *Note sur la géologie de la Mauritanie.* B.S.G.F., 4, XI, 1911, p. 412-428.
17. CONGRES GEOLOGIQUE
INTERNATIONAL DE 1948. — *Compte rendu de la Section des Services Géologiques Africains.* Chr. Mines Colon., n° 147, Paris, sept. 1948.
18. DURAND et RAGUIN. — *Sur le granite de la région du Pinet.* C.R. Ac. Sc., n° 14, t. 195, 1932, p. 580-582.

19. ESKOLA, P., BARTH, W.,
CORRENS, W., etc... — *Die Entstehung der Gesteine*. Berlin, 1939.
20. FOWLER-LUNN, Miss — *Hematite Iron Ores of Sierra-Leone*. *Economic Geology*, 1933, n° 1, p. 59-67.
21. FREY, R. — *Classification moderne des Roches éruptives*. Notes et mémoires du Service des Mines et de la Carte Géologique du Maroc, Rabat, 1937.
22. GIGNOUX, M.
et AVNIMELECH, M. — *Genèse de roches sédimentaires bréchoïdes par « intrusion et éclatement »*. B.S.G.F. - 5^e série - T. VII, p. 27-33, 1937.
23. GOLOUBINOW, R. — *Géologie et ressources en or du nord-est de la Guinée française*. Thèse Nancy, 1936.
24. GOLOUBINOW, R. — *Relations des terrains métamorphiques redressés et des granites dans la région guinéo-soudanaise*. Bull. Serv. Mines A.O.F., Dakar, 1938.
25. GOURAUD (Général). — *Mauritanie-Adrar*. Plon, 1945.
26. GROVES, A. W. — *The Charnockites series of Uganda*. *Geol. Soc. London, Quart. Journ.*, vol. XCI, p. 150-207.
27. HACKMAN, V. — *Die chemische Beschaffenheit von Eruptivgesteinen Finnlands*. Bull. Comm. Geol. Finlande, B° 15, 1905.
28. HARKER, A. — *Metamorphism*. Londres, 1932 (Methuen and Cy).
29. HOLLAND, H. — *The Charnockites Serie, a group of archæan hypersthenic rocks in Peninsular India*. *Mem. of Geolog. Surv. India*, vol. XXVIII, part 2, 1900.
30. HUBERT, H. — *Sur la forme parabolique des accidents de relief constitués par les roches cristallines acides en Afrique Occidentale*. C.R. Ass. Fr. Av. Sc., 1911, p. 338-352.
31. HUOT, G. — *Différents rapports (prospection géophysique de la région d'Akjoujt)*. Arch. Dir. Mines, Dakar.
32. JACQUET, F. — *Carnets de route*. Arch. Dir. Mines A.O.F., Dakar.
33. JACQUET, F. — *Sur la structure du Sahara mauritanien*. B.S.G.F., 5^e série, t. VII, p. 3 à 8, 1937.
34. JACQUET, F.
et NICKLES, M. — *Sur les relations de la chaîne du Sénégal oriental avec les plateaux mauritanien et soudanais*. C.R. Ac. Sc., t. 205, 1937, p. 1163.
35. JEREMINE, E. (M^{me}). — *Note préliminaire sur les roches du Socle Cristallin et les dolérites du Sahara occidental*. 70^e Congrès Soc. Sav., 1937, p. 127-129.
36. JEREMINE, E. (M^{me}). — *Roches éruptives et métamorphiques du Sahara occidental*. Publ. Com. Et. Hist. Scient. A.O.F., série B n° 5, 1939.
37. JEREMINE, E. (M^{me}). — *Contribution à l'étude pétrographique des roches cristallines et métamorphiques de Mauritanie*. Bull. Serv. Mines A.O.F., n° 6, Dakar, 1942.
38. JEREMINE, E. (M^{me}). — *Sur quelques roches du Tasiast*. Bull. Serv. Mines A.O.F., n° 6, Dakar, 1942.

39. JEREMINE, E. (M^{me}). — *Note sur quelques roches métamorphisées au contact des dolérites de la Guinée Française*. B.S.G.F., 5^e série, t. XV, 1945.
40. JEREMINE, E. (M^{me})
et NICKLES, M. — *Note préliminaire sur les roches éruptives et métamorphiques recueillies par F. JACQUET dans le Sahara occidental*. Bull. Serv. Mines A.O.F., n° 6, Dakar, 1942.
41. JUNG et ROQUES, M. — *Les zones d'isométamorphisme dans le terrain cristallophyllien du Massif Central français*. Revue des Sc. Nat. d'Auvergne, t. I, fasc. 4, 1936.
42. JUNNER, N. R. — *Geology of the Gold Coast and Western Togoland*. Bull. n° 11, Gold Coast Geolog. Surv., 1940.
43. KARPOFF, R. — *L'Antécambrien dans l'Adrar des Iforas (Sahara soudanais et algérien)*. C.R. Ac. Sc., t. 221, 1945, p. 512-513.
44. KARPOFF, R. — *Stratigraphie de l'Antécambrien au Sahara*. C.R. Ac. Sc., t. 223, 1946, p. 428.
45. KARPOFF, R. — *L'échelle stratigraphique de l'Antécambrien au Sahara*. C.R. Ac. Sc., t. 224, 1947, p. 582-584.
46. KARPOFF, R. — *Les granites du Sahara*. C.R. Ac. Sc., t. 228, 1949 (n° 7), p. 585-587.
47. KILIAN, C. — *Sur des conglomérats précambriens du Sahara central : le Pharusien et le Suggarien*. C.R. S.S.G.F., 1932, fasc. 6, p. 87.
48. KILIAN, C. — *Du Précambrien d'Afrique*. C.R. Ac. Sc., t. 224, n° 5, 1947, p. 350.
49. LACROIX, A. — *Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact (1^{er} Mémoire)*. B.G.G.F., n° 64, t. X, 1898-1899.
50. LACROIX, A. — *Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact (2^e Mémoire)*. B.G.G.F., n° 71, t. XI, 1899-1900.
51. LACROIX, A. — *Sur les transformations de quelques roches éruptives basiques en amphibolites*. C.R. Ac. Sc., t. 164, n° 26, 1917, p. 969-974.
52. LACROIX, A. — *Minéralogie de Madagascar*. I-II, Paris, 1932 (Challamel, édit.).
53. LACROIX, A. — *Contribution à la connaissance de la composition chimique et minéralogique des roches éruptives de l'Indochine (Appendice : Schéma de la classification des roches éruptives)*. Bull. Serv. Géol. Indoch, vol. XX, fasc. 3, Hanoi, 1933.
54. LACROIX, A. — *Les gisements de Phlogopite de Madagascar et les Pyroxénites qui les renferment*. Ann. Géolog. Serv. Mines Madagascar, fasc. XI, Tananarive, 1941.
55. LAMOTTE, M.
et ROUTHIER, P. — *Monographie géologique du Mont Nimba. Contribution à l'étude du Birrimien d'A.O.F.* B.S.G.F., 5^e série, t. 13, fasc. 4-5-6, 1943.
56. DE LAUNAY, L. — *Gîtes minéraux et métallifères*, I-II, Béranger, édit. Paris-Liège, 1913.

57. LEGOUX, P. — *Le massif de Man, Essai de géologie pétrographique.* Bull. Serv. Mines A.O.F., n° 3, Dakar, 1939.
58. LEGOUX, P. — *Esquisse géologique de l'A.O.F.* Bull. Serv. Mines A.O.F., n° 4, Dakar, 1939.
59. LELUBRE, M. — *Sur les divisions du socle ancien du Sahara central.* C.R. Ac. Sc., t. 215, 1942, p. 367.
60. LELUBRE, M. — *La discordance Pharusien-Suggarien dans l'Antécambrien de l'Ahaggar occidental.* C.R. Ac. Sc., t. 226, 1948, p. 419-420.
61. LELUBRE, M. — *La discordance pharusienne dans l'Antécambrien du nord-est de l'Adrar des Iforas et du Tanezrouft oriental.* C.R. S.S.G.F., t. 21, V, 1948.
62. LELUBRE, M. — *Le Suggarien du Sahara central.* C.R. Ac. Sc., t. 228, 1949, p. 694-696.
63. LELUBRE, M. — *Sur l'existence d'une série à hypersthène au Tanezrouft oriental et dans l'Adrar des Iforas.* C.R. Ac. Sc., n° 7, t. 229, 1949, p. 443-445.
64. LINDGREN, W. — *Mineral Deposits.* Londres-New-York, Megram, Hill Book Company, 1933.
65. LOKKA, L. — *Chemical analyses of Finnish Rocks.* Bull. Com. Geol. Finl., Helsinki, 1950.
66. LOKKA, L. — *Neue chemische Analysen von Finnischen Gesteinen.* Bull. Comm. Geol. Finlande, n° 105, 1934.
67. MALAVOY, J. — *Géologie de la Mauritanie du Nord.* C.R. Ac. Sc., t. 193, 1931, p. 184-186.
68. ALIA MEDINA, Manuel. — *Contribucion al Conocimiento Geomorfologico de las zonas centrales del Sahara espagnol.* Instituto de Estudios Africanos, Madrid, 1949.
69. MICHEL-LEVY, A. — *Contribution à l'étude du granite de Flamanville et des granites français en général.* B.C.G.F., t. V, 1893-1894 (n° 36).
70. MICHOT, P. — *Essai sur la géologie de la Catazone* Mém. Congr. Nat. Sc. Belge, Liège, mai 1950.
71. MONOD, Th. — *Sur la constitution géologique de l'Adrar mauritanien.* C.R. Ac. Sc., t. 205, 1937, p. 74.
72. MONOD, Th. — *Observations nouvelles sur l'Adrar mauritanien.* B.S.G.F., 5°, XIX, 1949, p. 409-412.
73. NAIDU, L. — *Lois de macle des feldspaths plagioclases des charnockites.* Curr. Sc. India, 1950, 19, n° 2, p. 51-52.
74. NICKLES, M.
et ROQUES, M. — *Sur la situation stratigraphique des Quartzites de Bakel.* C.R. Ac. Sc., t. 222, 1946, p. 1452.
75. OBERMULLER, A. — *Description pétrographique et étude géologique de la région forestière de la Guinée Française.* Bull. Serv. Mines A.O.F., n° 5, Dakar, 1941.

76. OBERMULLER, A.
et ROQUES, M. — *Discordance de la série antécambrienne du Simandou sur les gneiss de Guinée.* C.R. Ac. Sc., t. 223, 1946, p. 1163.
77. PERRIN, R.
et ROUBAULT, M. — *Relations des granites, granulites et roches amphiboliques de la Côte de Benodet.* B.S.G.F., 5^e sér., t. XVII, fasc. 4-5-6, 1948, p. 233.
78. POUGET, R. — *Sur les relations de l'Archéen et des Quartzites de l'Atacora au Dahomey.* C.R. Ac. Sc., t. 216, 1948, p. 2161.
79. QUIROGA. — « *Observations géologiques sur le Sahara occidental* ». Ann. Sté Espan. Hist. Nat., t. XVIII, 1889 (Trad. BLANCHOT, Note Techn. Arch. Dir. Mines, Dakar).
80. RAGUIN, E. — *Contribution à l'étude de la tectonique dans la région ouest du Massif Central français.* B.C.G.F., n° 164, t. XXX, 1926-1927.
81. RAGUIN, E. — *Sur l'évolution du granite de Querigut.* B.S.G.F., 5^e Série, t. XIX, fasc. 1-2-3, 1949, p. 181.
82. RINNE, F. — *La science des roches* (Traduc. L. BERTRAND). Paris, Lamarre, 1950.
83. RODE, K. P. — *Sur les charnockites de Palaman Bihar (Inde).* Schweiz. Miner. Petrog. Mitt., 1948, 28, n° 1, p. 288-302.
84. ROQUES, M. — *Les schistes cristallins de la partie sud-ouest du Massif Central Français.* Mém. S.G.F., Paris, Imp. Nat., 1941.
85. ROQUES, M. — *Les séries anciennes de la Boucle du Niger au Soudan.* B.S.G.F., 5^e Série, t. XV, 1945, p. 523.
86. ROQUES, M. — *Le Précambrien de l'A.O.F.* B.S.G.F., n° 89, 5^e Série, t. XVIII, 1948, p. 529.
87. SEGAUD. — *La Géologie et les possibilités minières de la Mauritanie.* Chr. Mines Colon., n° 25, 1934.
88. SERVICE GEOGRAPHIQUE
DE L'A.O.F. — *Catalogue des points géodésiques Dakar.*
- 88-a. SHAND, S. J. — *Eruptives Rocks.* Th. Murby, Londres, 4^e édit., 1950.
89. DUTOIT, A. — *The Geology of South Africa.* Londres (Oliver and Boyd), 1926.
90. VIDAL BOX. — *Las rocas eruptivas del Sahara español.* Mém. Real. Soc. Esp. Hist. Natur., 1946 (paru 1949). N° spécial, p. 405-449.
91. TURNER, J. — *L'évolution minéralogique et structurale des roches métamorphiques.* Traduc. de J. GUIGUES et L. LAPLAINE. Bureau Géologique de Madagascar, Tananarive, 1949.
92. WHARTON, H. M. — *Iron deposits, — Fort-Gouraud (Mauritanie).* Rapport inédit Bethlehem Steel Cy, févr. 1950.

INDEX ALPHABETIQUE DES LIEUX CITES

ABREVIATIONS

Ak O : feuille d'Akjoujt ouest au 1/500.000 ;
 At E : feuille d'Atar est au 1/500.000 ;
 At O : feuille d'Atar ouest au 1/500.000 ;
 Id E : feuille d'Idjil est (Fort-Gouraud) au 1/500.000 ;
 P.-E. E : feuille de Port-Etienne est au 1/500.000.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Abara	Ak O	14° 37	19° 04
Abiod (Oued el)	At E	13° 12	20° 08
Abiod (el-Rag-Amsaga)	At O	13° 53	20° 10
Abiod (el-Rag Inchiri)	Ak O	14° 30	19° 40
Aboul (Guelb)	At E	13° 18	20° 22
Aboulaye	At O	14° 27	20° 50
Achariat (el)	Id E	12° 28	23° 03
Achoui	Id E	12° 30	22° 39
Adheilet Ahmoud	P.-E. E	15° 23	20° 51
Adraye	Id E	13° 06	22° 20
Afodjan	Ak O	13° 58	19° 54
Afouégim	At O	13° 30	21° 05
Afout	At E	13° 20	20° 08
Afreiijat	At O	14° 45	21° 00
Agabouniate	At O	14° 31	20° 01
Agada	P.-E. E	15° 11	21° 12
Agareb	Id E	12° 05	23° 18
Agde Ichigden	P.-E. E	15° 24	21° 09
Aghnem (Koédia)	Id E	12° 14	23° 14
Agmimitat	At E	13° 23	20° 28
Agouatin	At O	14° 01	20° 46
Agouède el Srir	Ak O	14° 09	19° 18
Agot	Ak O	14° 35	19° 53
Agueli Mahmed	Ak O	14° 38	19° 49
Agueli Sidi	Ak O	14° 41	19° 47
Agueli el Zargue	Ak O	14° 04	19° 34
Ahabari	At O	13° 30	20° 45
Ahel Fadhel (Sattle)	At O	14° 34	20° 34
Ahmeyim	At O	14° 28	20° 53

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Aidgati	At E	13° 29	20° 22
Aidzidin	At E	13° 18	20° 18
Aïn el Bir	Id E	12° 28	22° 41
Akchit (Guelb el)	At E	12° 55	21° 43
Akhdegite	Ak O	14° 28	19° 58
Akjoujt	Ak O	14° 23	19° 45
Akouéjat	Ak O	14° 00	19° 50
Alpha (Guelb el)	At E	13° 05	21° 18
Amagouer	Ak O	14° 42	19° 45
Amariat (el)	Id E	12° 34	22° 43
Amchikdel	At O	14° 17	21° 18
Amili	Ak O	14° 53	19° 57
Amkhéouel	Id E	12° 15	23° 05
Amochkech	At E	13° 12	20° 33
Amochterki	At E	13° 12	20° 51
Anoueil	At O	14° 57	21° 18
Anouichlat	At E	13° 20	21° 18
Aouarach (Sattle)	At O	13° 33	20° 41
Aouéoua	P.-E. E	15° 32	20° 42
Aouïnet em Mlis	At E	13° 08	20° 44
Aouïnet Tellatchit	Ak O	13° 31	19° 59
Aouj (el)	Id E	12° 49	22° 53
Aoutitilt	At O	13° 34	20° 44
Araguib	Ak O	14° 09	19° 55
Archéouat	At E	12° 52	21° 47
Areibat	Id E	12° 42	22° 20
Arériate el Khader	Ak O	14° 34	19° 37
Arériate el Bird	Ak O	14° 42	19° 38
Argoug el Asfar	Ak O	14° 14	19° 47
Ariafoul (Grara)	At E	13° 04	21° 18
Armenchika	Ak O	14° 18	19° 29
Arouakim (Amsaga)	At E	13° 18	20° 15
Arouakim (Tijirit)	Id E	12° 52	22° 01
Arouénit	Id E	13° 09	22° 11
Arouéyit	P.-E. E	15° 13	21° 18
Arouyat (el)	Id E	12° 58	22° 11
Askaf (Guelb el)	Id E	12° 54	22° 18
Atar	At E	13° 04	20° 31

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Atilis	Ak O	14° 24	19° 57
Atomaye (Inchiri)	Ak O	14° 23	19° 55
Atomaye (Tiris)	Id E	12° 48	22° 43
Atoui (Khat)	At O	14° 52	21° 17
Atrouss (Guelb el)	Id E	12° 22	23° 10
Azefal	At O	14° 45	21° 05
Azefal (Guelb)	At E	13° 00	21° 59
Azerag (Guelb)	Id E	12° 23	22° 33
Azib (Guelb el-Amsaga)	At O	13° 33	20° 25
Azib (Guelb el-Tiris)	Id E	13° 08	22° 47
Azouazil (Guelb)	Id E	12° 54	22° 58
Bagara (Agrour el)	At E	13° 14	20° 56
Bagara (Khat el)	Ak O	14° 05	19° 47
Barka (Gleibat el)	Id E	12° 53	23° 24
Bedmeijat	At E	13° 14	21° 16
Ben Améra	At O	13° 44	21° 14
Bijererma (Daya)	At O	13° 38	20° 23
Bir Igueni	At O	14° 54	20° 29
Bissiné (Adam)	P.-E. E	15° 35	21° 15
Bora (Guelb el)	At E	12° 48	21° 49
Bou Aleiba	At E	13° 17	21° 03
Bou Derga	At O	14° 33	20° 37
Bou Goudré (Dhloa)	Ak O	13° 36	19° 00
Bou Graara	At O	14° 32	20° 43
Bouir Amar Ould Agdebija	At E	13° 26	20° 32
Bouir Ould Mahé	At E	13° 21	20° 28
Bouj (Adam el)	Ak O	14° 13	29° 16
Bou J'Neyat	Ak O	14° 20	19° 48
Bou Khzama	At O	13° 36	20° 29
Bou Serdh	At O	14° 31	20° 44
Bou Siroual	Ak O	14° 17	19° 50
Bou Tebib	Ak O	13° 37	19° 42
Bou Zegrar	Ak O	14° 08	19° 45
Chaiman	At E	13° 05	21° 05
Char	At E	13° 21	21° 31
Chbar	Id E	12° 27	22° 26
Chig (Amsaga)	At E	13° 25	20° 44
Chig (Koedia)	Id E	12° 31	22° 38

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Chikaoui (Guelb)	Id E	12° 50	22° 10
Chinguetti	At E	12° 22	20° 28
Chleha (Guelb el)	Id E	13° 04	22° 55
Choeil (Guelb)	Ak O	14° 24	19° 47
Choeil (Khat)	Ak O	14° 27	19° 46
Chouéma	Ak O	14° 12	19° 46
Daghna (Daya)	At O	13° 48	20° 21
Dar el Kelb	At E	12° 55	21° 55
Débech (Guelb el)	Id E	12° 08	23° 25
Desmée (Gleibat)	At E	13° 22	21° 12
Dhala el Amra	Id E	12° 28	22° 36
Dhip (Agrour el)	At E	13° 13	20° 57
Dholim (Guelb)	At E	13° 03	21° 57
Diago (Guelb)	At E	13° 00	21° 31
Embati (el)	At O	13° 37	20° 27
Fask	P.-E. E	15° 14	20° 29
Fderik	Id E	12° 42	22° 40
Feraouate Guebeli	Id E	12° 57	22° 23
Feraouate Telli	Id E	12° 53	22° 25
Fort-Gouraud	Id E	12° 43	22° 41
Foud (Gleibat el)	At O	14° 33	20° 50
Foum Joul	At E	13° 08	20° 43
Gaïde	Ak O	14° 30	19° 55
Ghzal (Guelb el)	At E	13° 18	20° 56
Ghzelenhié (el)	P.-E. E	15° 20	20° 20
Grara (Guelb el)	At E	13° 17	20° 19
Greyfiat	Ak O	14° 48	19° 13
Haddada (el)	At O	13° 37	21° 16
Hadej (Gleibat Amsaga)	At O	13° 34	20° 35
Hadej (Gleibat Amsaga)	At E	13° 14	21° 14
Hadej (Guelb Koedia)	Id E	12° 26	22° 32
Hadid (Guelb el)	Id E	12° 07	23° 04
Hajakh Dekhen	Ak O	14° 37	19° 43
Hajakh el Hajakh	At E	13° 26	20° 27
Halima (Guelb el)	At E	12° 48	21° 52
Hallet (Guelb)	At E	13° 27	20° 39
Haouli (Guelb el)	Id E	12° 45	23° 17
Hareicha	Ak O	14° 26	19° 57

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Hassen (Guelb el)	Ak O	13° 54	19° 35
Hemmé (Batha el)	At O	13° 21	20° 34
Hihikh	At E	13° 28	20° 44
Iagref	At E	13° 20	20° 37
Ibi (Monts)	Ak O	13° 37	19° 55
Ichikrane el Beïda	P.E.E.	15° 03	20° 30
Ichikrane el Khader	At O	15° 00	20° 25
Idjil (Koedia)	Id E	12° 35	22° 40
Idjil (Sebkha)	Id E	12° 54	22° 45
Iguerch	At O	13° 53	20° 10
Iguilid	At E	13° 18	20° 42
Iknioun	P.E.E.	15° 25	21° 19
Imchiklet	Id E	12° 44	22° 29
Inchiri	Ak O	14° 20	19° 33
Inkebden	P.E.E.	15° 33	20° 30
Inomouden	At O	13° 35	21° 12
Ioulgueud	At E	13° 12	20° 42
Irarchen	Ak O	14° 13	19° 55
Iriji	Ak O	13° 41	19° 53
Jamra	At E	13° 28	20° 43
Jennin (Oued)	Ak O	14° 10	19° 58
Jerade (Guelb el)	Id E	12° 04	23° 27
Jnoun (Grara el)	Ak O	14° 01	19° 21
Kala	At O	13° 37	20° 18
Kamoun (Guelb)	At O	13° 34	20° 33
Kaouat el Amra	Ak O	14° 53	19° 35
Kaouat el Khadra	Ak O	14° 01	19° 34
K'Deyat el Joul	Ak O	14° 19	19° 44
Kelb el Khlé (Gleïbat)	Ak O	14° 56	19° 32
Kempche (Grara el)	Ak O	14° 36	19° 46
Khadra (Daya el)	P.E.E.	15° 59	21° 20
Khleïjiat (el)	Ak O	14° 24	19° 46
Khnefissat (Tasiast)	P.E.E.	15° 35	20° 50
Khnefissat (Tassarat)	At O	14° 03	20° 38
Lebneyé	P.E.E.	15° 19	21° 13
Lebzenié	P.E.E.	15° 52	20° 57
Lebzezilet	At O	14° 44	21° 14
Lefreidi (Guelb Idjibiten)	Ak O	13° 35	19° 25

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Lefreidi (Guelb Tiris)	Id E	12° 39	22° 31
Leglelé (Adam)	Ak O	14° 53	19° 17
Legleïtat	Ak O	14° 14	19° 38
Legraa (Guelb)	At O	14° 27	20° 44
Léguenet (Guelb)	At E	13° 00	21° 26
Lembetehat	Ak O	14° 24	19° 43
Leufkari (Adam)	Ak O	14° 14	19° 17
Liboirat (Amsaga)	At O	13° 41	20° 36
Liboirat (Tijirit)	At O	14° 31	20° 48
Louibde (Oued)	At O	14° 15	20° 00
Louibilet (Khat)	Ak O	14° 17	19° 58
Mabrouk	Id E	13° 05	22° 13
Maguel (Sattle)	At O	14° 46	20° 33
Mahoudat (el)	Id E	12° 05	22° 58
Malichigdane (Draa)	At O	13° 45	20° 05
Meddada (el)	Id E	13° 12	22° 40
Mekke (Grara el)	P.E.E.	15° 48	21° 18
Menat Bou Garn	At E	13° 26	20° 38
Mijik	Id E	12° 45	23° 27
Mint Askeri (Guelb)	Id E	12° 56	22° 14
Mint Sidi Baba (Guelb)	At E	13° 28	20° 38
Mjebira	Ak O	14° 02	19° 37
Mjehida	Id E	12° 44	22° 09
Mochiaf	At O	13° 43	20° 26
Modreigue	At E	13° 08	21° 00
Moghrein (Guelb)	Ak O	14° 25	19° 44
Mohamed Mouloud (Guelb)	Ak O	14° 27	19° 48
Mohamed Ould Mohamed Talmodi (Guelb)	At E	13° 08	21° 09
Mohera (Guelb)	Id E	13° 08	22° 58
Moilah (el)	At E	19° 19	20° 59
Mokhanze (el)	At E	13° 24	20° 42
Mou Khzama	At O	13° 37	20° 33
Mousdar (Guelb el)	At E	12° 54	21° 34
Mousra el Lehouar (Guelb)	Ak O	14° 06	19° 44
N'Daouas	P.-E. E	15° 23	20° 42
Nich	P.-E. E	15° 04	20° 16
Nizan	At E	13° 19	20° 12

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Nouar	At E	13° 07	20° 59
Nouedguiat	Ak O	13° 33	19° 15
N'Sour (Guelb)	Id E	12° 42	22° 13
N'Staran	P.-E. E	15° 15	21° 10
N'Talfa	P.-E. E	15° 35	20° 43
Nzeran (Oued)	P.-E. E	15° 05	21° 17
Ogmane (Sattle)	P.-E. E	15° 17	21° 00
Ouararda	At E	13° 02	21° 10
Ouessat	Id E	12° 03	23° 23
Ould Aïssa (Guelb)	At E	13° 07	21° 14
Ould Amar (Daya)	At O	14° 07	20° 16
Ouled Akchar (Gleïbat)	Ak O	14° 14	19° 44
Ouled Bellé (Gleïbat)	At E	13° 07	21° 17
Ouled Bousba (Gleïbat)	At E	13° 08	21° 03
Oumachouéma	Ak O	14° 24	19° 50
Oum Arouagen	Id E	12° 12	22° 49
Oumate el Beid	Ak O	14° 48	19° 50
Oum Dferate	Id E	12° 30	23° 14
Oum el Hbel	Id E	12° 33	22° 39
Oum Khamlet (Gleïbat)	At E	12° 50	21° 40
Rachouat	At O	14° 00	20° 53
Raoui (Guelb)	Ak O	14° 18	19° 51
Rasseremdt	Ak O	13° 58	19° 37
Reléza (el)	Id E	12° 30	22° 36
Rmemimat	At E	13° 22	20° 43
Rounde	Ak O	14° 26	19° 52
Saouda	At E	13° 11	21° 19
Saur (Guelb)	At E	13° 25	20° 55
Séguélil (Oued)	At E	13° 12	20° 18
Seheu (Gleïbat)	Ak O	14° 10	19° 43
Sellaouridge	Id E	13° 08	22° 35
Seniné Kembo	At E	13° 21	20° 52
Sidi Baba (Grara)	Id E	12° 25	22° 30
Smeha	Ak O	14° 22	19° 51
Souédiat	P.-E. E	16° 00	21° 13
Tabrinkout (Hassi)	Ak O	14° 02	19° 47
Tabrinkout (Koedia)	Ak O	13° 58	19° 44
Tahamamet	At O	14° 27	20° 57

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Tajalet el Graa	Id E	12° 40	22° 05
Tajalet en Niagga	At E	12° 39	21° 58
Takoust	At O	14° 32	21° 16
Taleb (Guelb)	At O	13° 32	20° 33
Tamagot	Ak O	14° 41	19° 32
Tamat (Adam)	At O	14° 04	20° 04
Taorta (Guelb)	At E	12° 55	21° 27
Tasiast	At O	14° 50	21° 10
Tassarat	At O	13° 50	20° 56
Tazadit	Id E	12° 25	22° 41
Téguédé	P.-E. E	16° 00	21° 08
Ténachfouil	At E	13° 12	20° 55
Téniamoun el Kébir	Id E	12° 23	23° 18
Téniamoun es Srir	Id E	12° 24	23° 15
Therthiate (Khat)	Ak O	14° 57	19° 20
Tidérez	At E	13° 13	20° 21
Tidjaraten	At O	14° 12	20° 06
Tifadress	At O	14° 15	20° 33
Tiferchaï	P.-E. E	15° 49	21° 09
Tijeraj	At O	14° 22	20° 47
Tijiglag	At O	14° 10	20° 28
Tijirit	At O	14° 45	20° 40
Tikit (Guelb)	At E	12° 49	21° 45
Timberouane	At O	13° 57	20° 21
Tinamsat	At E	13° 27	20° 49
Tindiat	At E	13° 16	20° 42
Tin Dolim	P.-E. E	15° 07	20° 16
Tin Foudrik	Id E	12° 40	22° 39
Tintan	At E	13° 22	20° 12
Tinterazi	At E	13° 13	20° 28
Tintikret	Id E	12° 48	22° 47
Tint Ouadane	At O	14° 09	21° 05
Tislag	At E	13° 17	20° 49
Tizerghaf	Id E	12° 15	23° 05
Touama (Idjibiten)	Ak O	13° 31	19° 22
Touama Zerlane	At E	13° 23	21° 05
Touijenjert (Amsaga)	At E	13° 09	20° 59
Touijenjert (Tiris)	Id E	12° 36	22° 22

(1) Méridien international de Greenwich.

LIEUX CITES	FEUILLE	LONGITUDE O (1)	LATITUDE N
Fouijinine es Srir	At E	13° 06	21° 01
Foumba Atomaye	Id E	12° 46	22° 42
Tourarine	Ak O	14° 45	19° 57
Tourja (Adeibt)	Ak O	14° 55	19° 47
Touyerma	At E	13° 49	20° 32
Vayé (Gleibat el)	At E	13° 09	21° 08
Voujajet (Guelb el)	Id E	13° 04	22° 30
Voulet (Guelb el)	Id E	12° 58	23° 00
Zanouniat	At E	13° 29	20° 56
Zazayat	Id E	12° 33	23° 22
Zehar	P.-E. E	15° 10	20° 27
Zellaga	At O	13° 47	20° 23
Zerlane el Abiod	At E	13° 23	21° 02
Zerlane el Akhdher	At E	13° 16	21° 05
Zgemirat	Ak O	13° 53	18° 59
Zidane	At E	13° 15	20° 38

(1) Méridien international de Greenwich.

Planche I.

- FIG. 1. — *Toumba Atomaye* - quartzite à oligiste et amphibole ferrique.
q = quartz, ol = oligiste, am = amphibole.
(L.N. X 55)
- FIG. 2. — *Ouest proche d'Arouénit* - grenatite à diopside.
gr = gros grenat rose à inclusions de magnétite (ma), d = diopside, mi = microcline rare, ap = apatite.
(L.N. X 55)
- FIG. 3. — *Guelb el Haouli* - cipolin à minéraux.
ca = calcite constituant le fond de la roche, ph = phlogopite en lame,
at = antigorite.
(L.P. X 55)
- FIG. 4. — *Ouest proche d'Arouénit* - paragneiss à microcline.
mi = microcline, d = diopside, gr = grenat rose ; présence de quelques lames de wollastonite (w).
(L.N. X 55)
- FIG. 5. — *Guelb el Hadej* - gneiss à diopside.
q = quartz, q' = quartz en inclusion dans les feldspaths, or = orthose à perthites,
mi = microcline rare, d = diopside.
(L.P. X 36)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

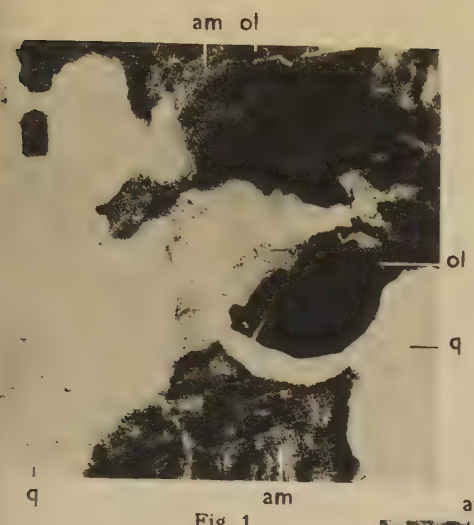


Fig 1

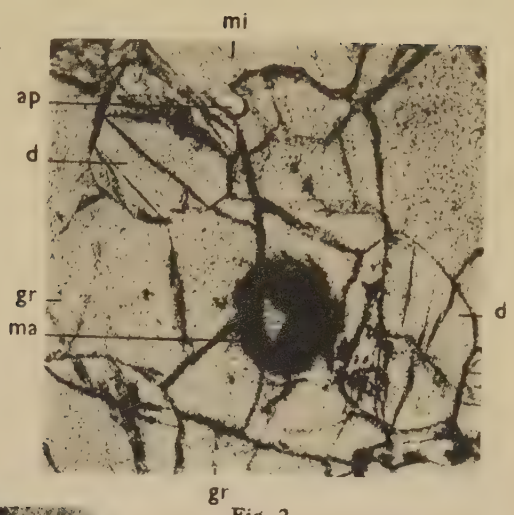


Fig. 2

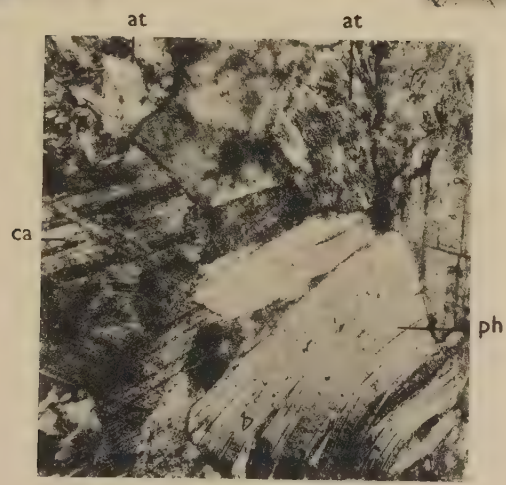


Fig. 3

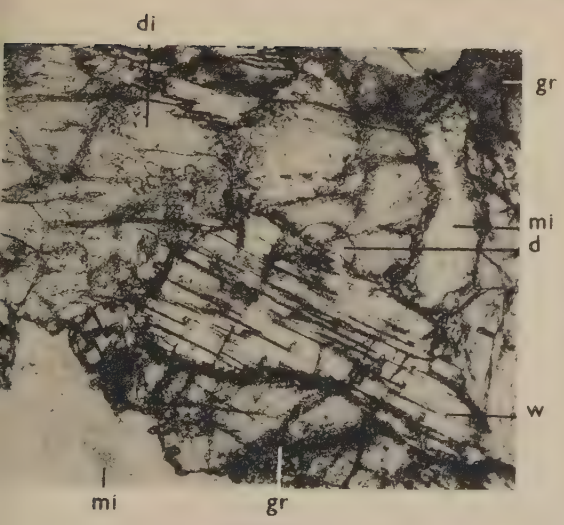


Fig. 4

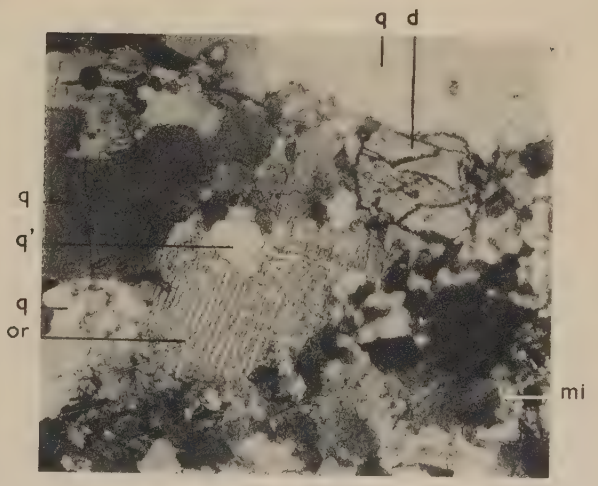


Fig 5

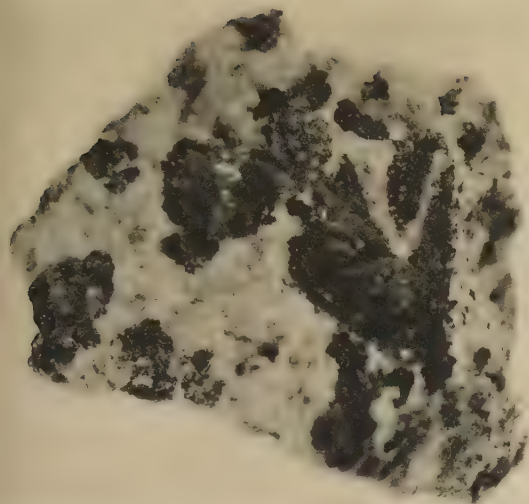
Planche II.

FIG. 1. — *Arouénit* - cristaux de diopside dans un paragneiss, grandeur naturelle.

FIG. 2. — *Sommet de Hihikh* - affleurement de leptynites grenatifères.

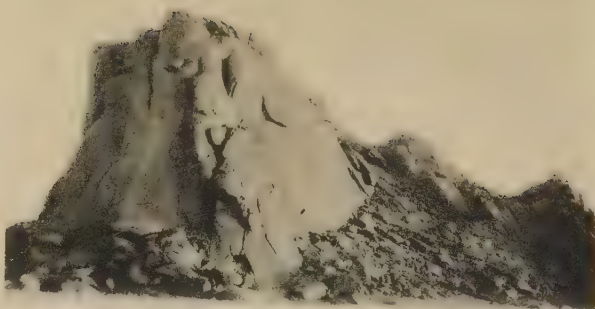
FIG. 3. — Echantillon de *Brèche d'Idjil*, recueilli dans le ravin d'*Oum el Hbel*, contenant des fragments de divers types de quartzites rubanés et des galets arrondis de quartzites à séricite (cas exceptionnel, environ demie grandeur naturelle).

Le Précambrien de Mauritanie occidentale



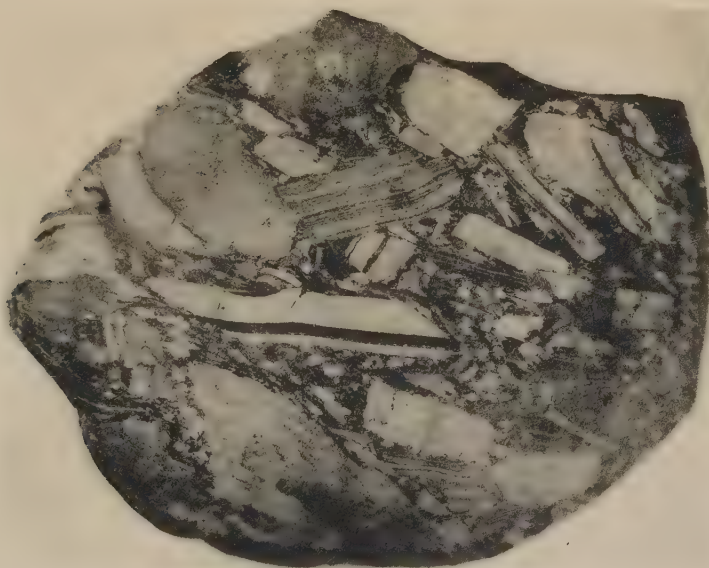
Cliché E. G. A. N.

Fig 1



Cliché A. BLANCHOT

Fig. 2



Cliché E. G. A. N.

Fig. 3

Planche III.

- FIG. 1. — *Ioulguend* - roche composée uniquement de cordiérite et de sillimanite.
co = cordiérite, si = sillimanite.
(L.P. X 55)
- FIG. 2. — *Guelb el Alpha* - leptynite grenatifère,
q = quartz, mi = microcline, gr = grenat ; il n'y a pas de mica.
(L.P. X 55)
- FIG. 3. — Entre *Nijan* et *Tintane* - gneiss grenatifère à cordiérite et sillimanite,
co = cordiérite avec produits d'altération, si = sillimanite, gr = grenat,
ma = magnétite.
La roche contient également du quartz et du microcline non discernables sur la photo.
(L.N. X 55)
- FIG. 4. — Entre *Areibat* et *guelb el Askaf* - gneiss à cordiérite et à hypersthène,
q = quartz, or = orthose à perthite, co = cordiérite avec produits d'altération,
hy = hypersthène.
(L.N. X 55)
- FIG. 5. — *Guelb Azefal* - microenclave de gneiss alumineux dans un granite,
A = gneiss, B = granite, q = quartz, or = orthose à perthite, si = sillimanite,
pl = spinelle vert (pléonaste).
(L.P. X 36)
- FIG. 6. — *Ouest des Gleibat Oum Khamlet* - granite au contact des gneiss à cordiérite et sillimanite,
co = cordiérite, ad = andalousite, q = quartz, mi = microcline à perthites fusiformes, zi = gros zircon libre.
(L.N. X 55)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

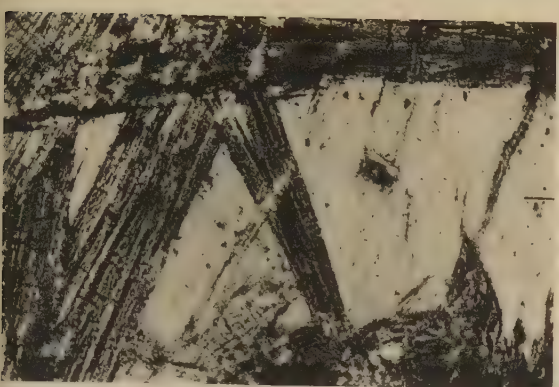


Fig. 1
si ma si

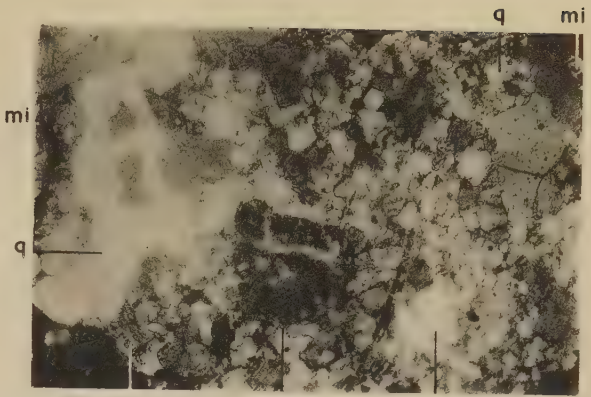


Fig. 2
gr q

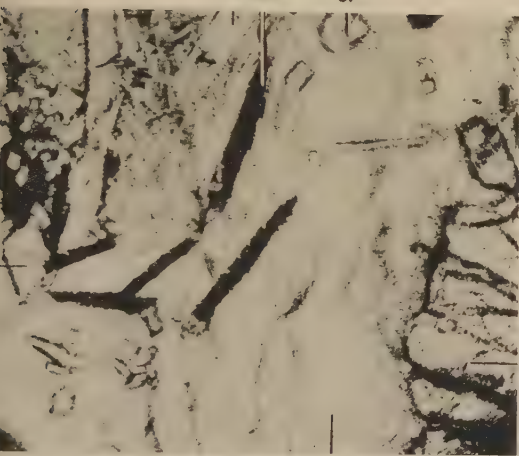


Fig. 3
pl

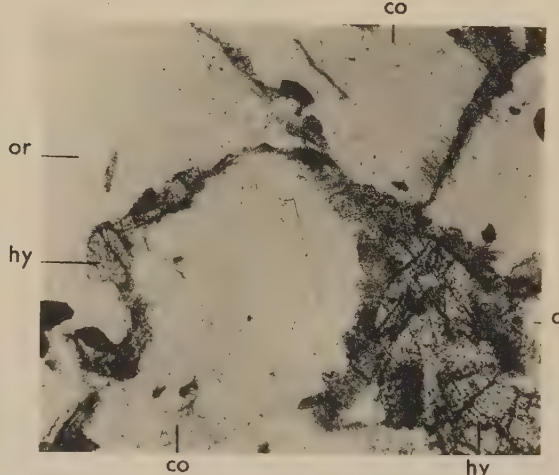


Fig. 4
ad co

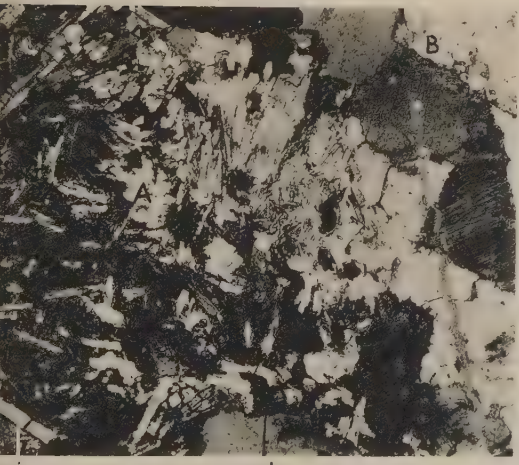


Fig. 5

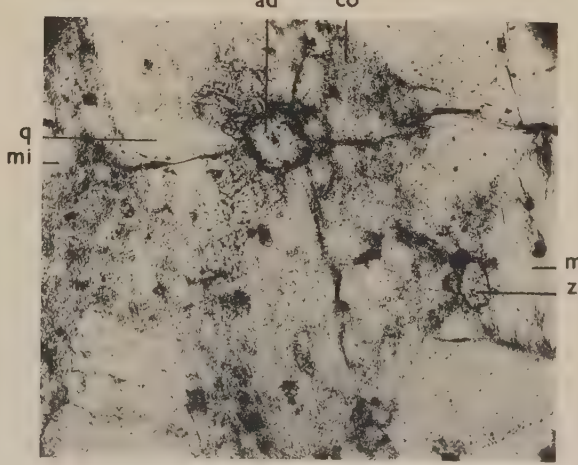


Fig. 6

Planche IV.

FIG. 1. — Près d'*Hajakħ el Hajakħ* - gneiss calcoalcalin à biotite - structure granoblastique, q = quartz recristallisé, an = andésine, b = biotite en lépidoblastes orientés, zi = zircon ; la plaque contient un peu de microcline non visible sur la photo.

(L.P. X 55)

FIG. 2. — Entre *Oum Arouagen* et *Mhérizat* - granite en cours de recristallisation - orthogneiss à biotite - structure à tendance granoblastique,

q = quartz en grains étirés, mi = microcline à micropertite, o = oligoclase, b = biotite en lames orientées, ap = apatite.

(L.P. X 55)

FIG. 3. — *Batha el Hemmé* - granite calcoalcalin à biotite - structure grenue,

q = quartz en gros grains, mi = microcline, o = oligoclase séricitisé, b = grosse lame de biotite verdâtre.

(L.P. X 55)

FIG. 4. — *Gleibat Mousdar* - granite calcoalcalin à biotite - structure largement grenue,

q = quartz en gros grains, or = orthose à perthite, an = andésine en gros cristaux, my = myrmékite, b = biotite en grosses lames.

(L.P. X 55)

FIG. 5. — *Adheilet Ahmoud* - granite à muscovite - structure grenue,

q = quartz à tendance granulitique, or = orthose, mi = microcline, o = oligoclase, my = myrmékite, m = muscovite en grandes lames.

(L.P. X 21)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

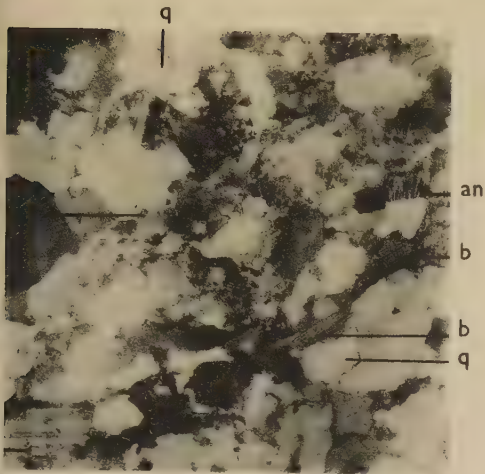


Fig. 1

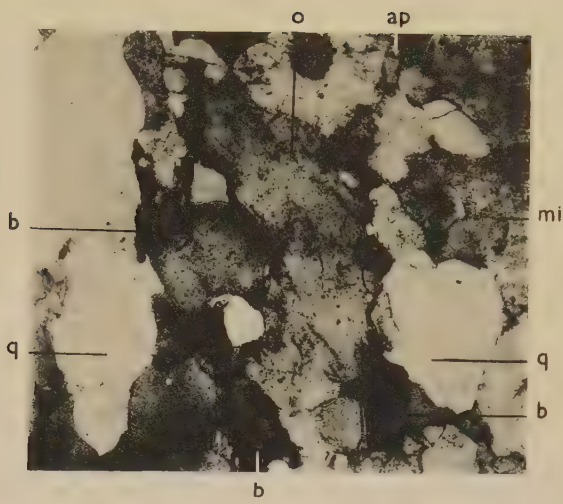


Fig. 2

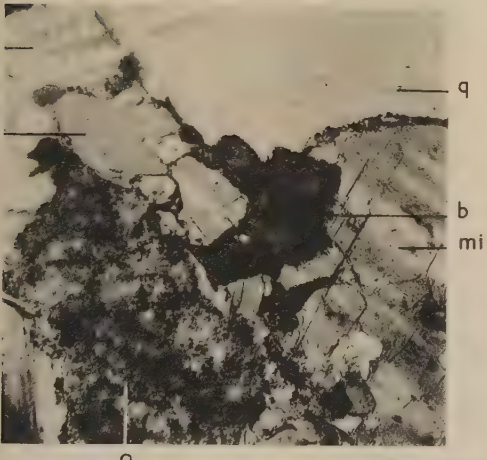


Fig. 3

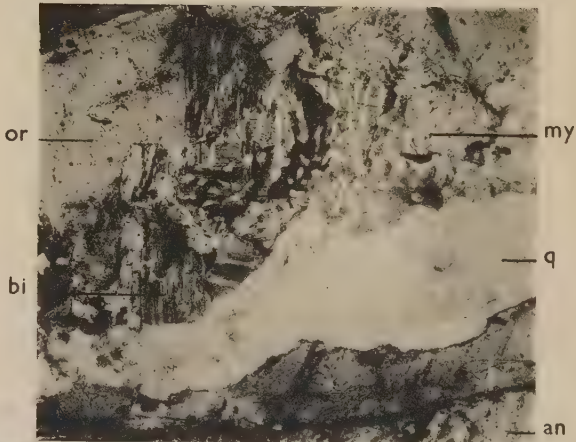


Fig. 4

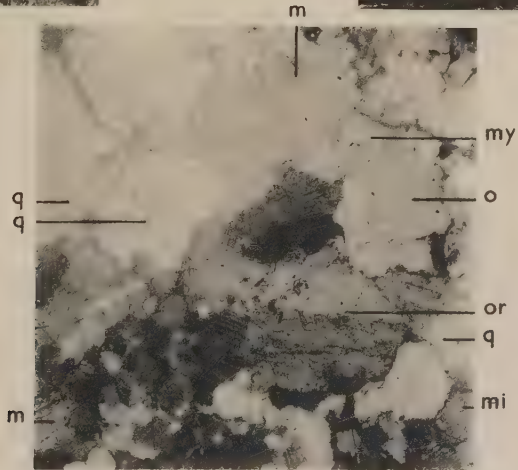


Fig. 5

Planche V.

- FIG. 1. — *Chig* - gneiss calcoalcalin à biotite et hypersthène,
q = quartz, mi = microcline, o = oligoclase, hy = hypersthène, b = biotite en
traînée orientée, ap = apatite.
(L.N. X 55)
- FIG. 2. — Même échantillon - même légende, noter la structure granoblastique et l'aspect re-
cristallisé des quartz.
(L.P. X 55)
- FIG. 3. — Entre *guelb el Ghzal* et *Touijenjert (Amsaga)*, granite à hypersthène et hornblende
(endomorphisme), noter la structure grenue,
q = quartz, o = oligoclase, ou = ouralite, ma = magnétite.
(L.N. X 55)
- FIG. 4. — Entre *guelb Ghzal* et *Touijenjert (Amsaga)*, granite à hypersthène et hornblende
(endomorphisme), noter la structure grenue,
or = orthose à perthite, hy = hypersthène en voie d'altération.
(L.P. X 55)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

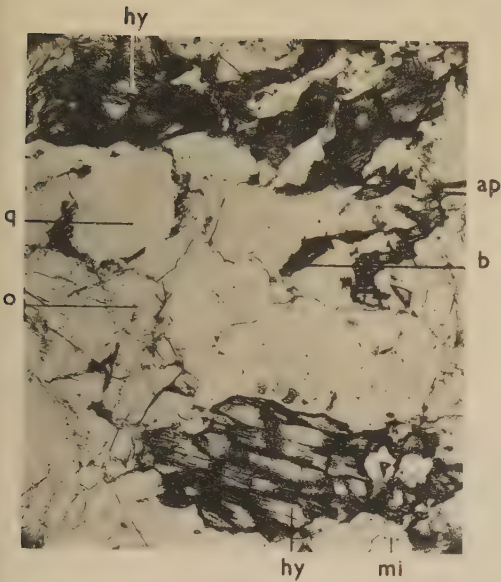


Fig. 1

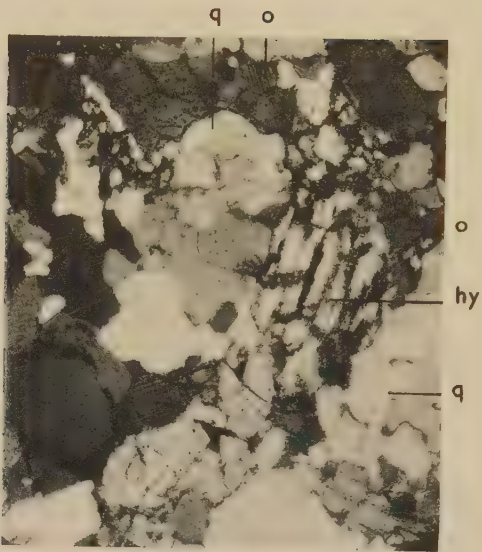


Fig. 2

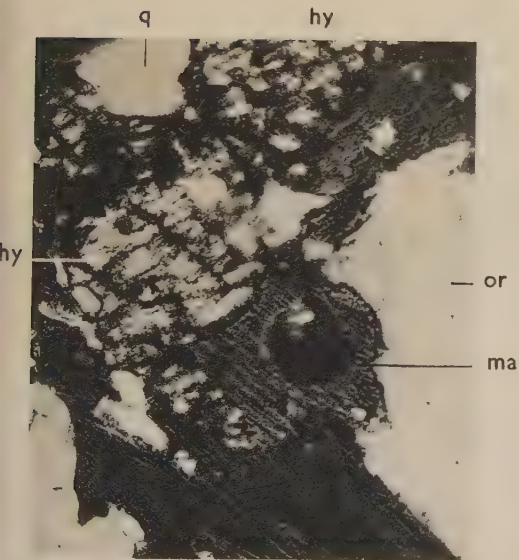


Fig. 3

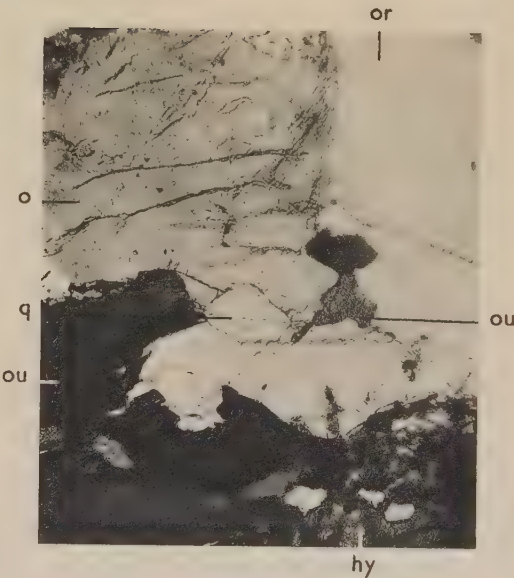


Fig. 4

Planche VI.

FIG. 1 et 2. — *Oum el Hbel* - conglomérat « d'Oum el Hbel ».

FIG. 3. — *Aïn el Bir* - quartzites rubanés (pendage ouest).

FIG. 4. — *Oum el Hbel* - guelta principale, la Brèche d'Idjil à l'affleurement.

FIG. 5. — *Oum el Hbel* - guelta à l'extrémité du ravin, la Brèche d'Idjil à l'affleurement.

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

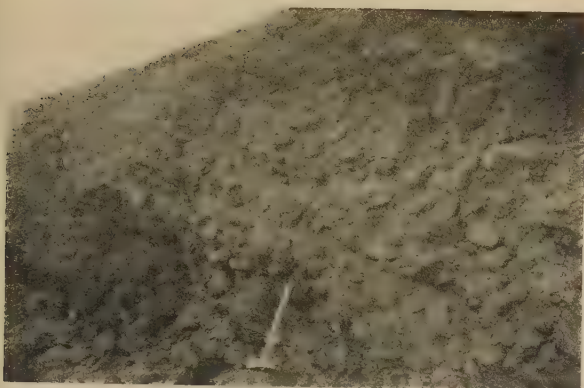


Fig. 1

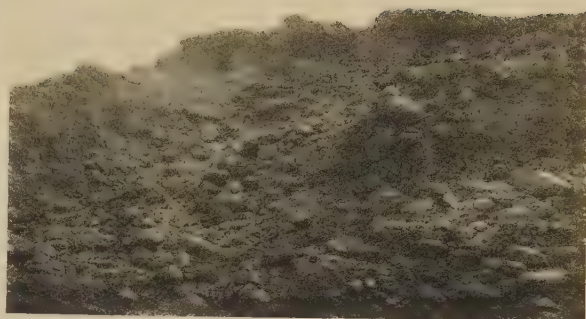


Fig. 2

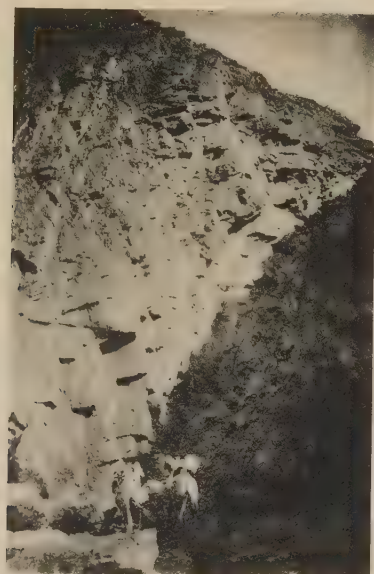


Fig. 3

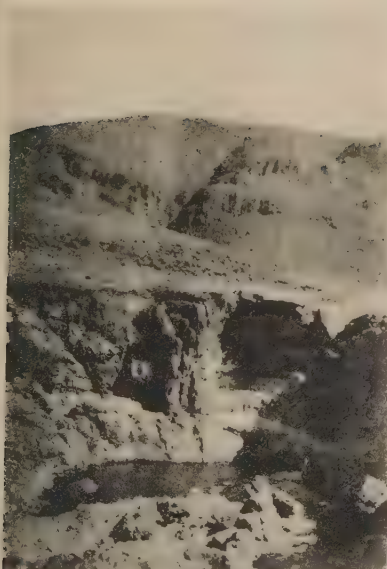


Fig. 4

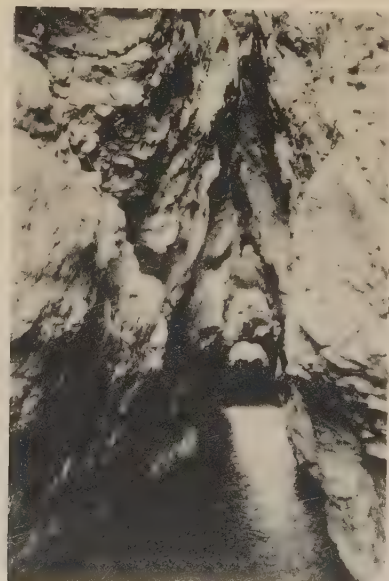


Fig. 5

Planche VII.

- FIG. 1. — *Irarchen el Amra* vu de la piste d'Akjoujt à Atar ; épaisse série de séricitoschistes argentés surmontés localement par un banc de quartzites ferrugineux (q.).
- FIG. 2. — *Akjoujt - guelb el Hassi* - chloritoschistes à pendage ouest.
- FIG. 3. — *Environs d'Akjoujt* - quartzites ferrugineux surplombant en concordance des chloritoschistes.

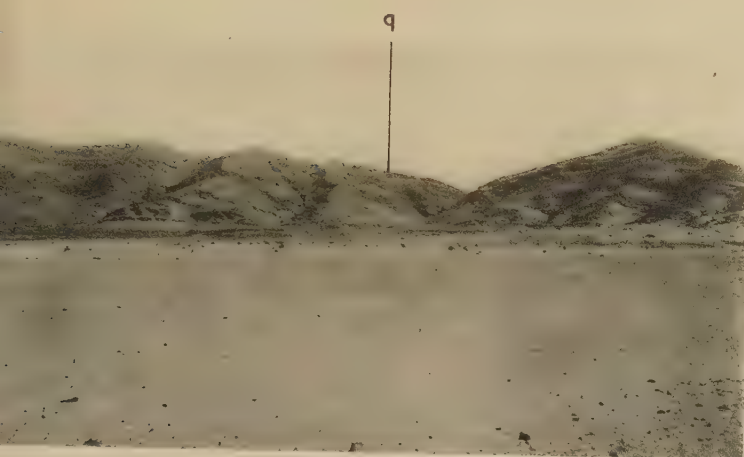
Le Précambrien de Mauritanie occidentale

Fig 1

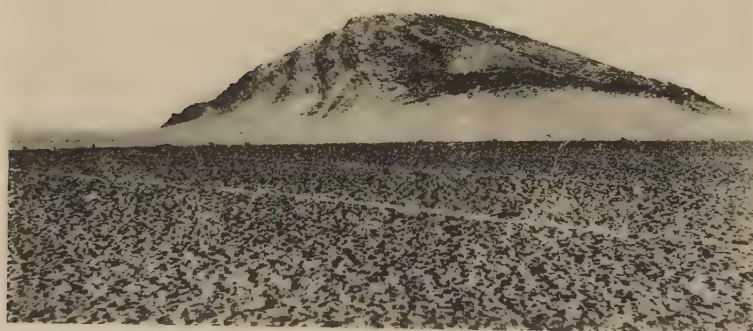


Fig. 2



Fig. 3

Planche VIII.

FIG. 1. — *Legleitat el Khader*, affleurement de séricitoschistes.

FIG. 2. — *Amagouer*, affleurement de quartzites à séricite.

FIG. 3. — *Tourarine*, quartzite rubané, roche composée uniquement de quartz (q) en traînées orientées avec un peu de limonite (li).
(L.P. X 36)

FIG. 4. — Entre l'*Hajakh Dekhen* et *Arieriate el Bird*, diorite quartzifère à amphibole :
q = quartz rare, p = plagioclase entièrement saussuritisé, h = hornblende verte,
ap = apatite.
(L.N. X 36)

FIG. 5. — *Touéret Khat el Bagara*, gabbro intrusif dans la Série d'Akjoujt.

FIG. 6. — *Aouéoua*, érosion en boule d'un gabbro doléritique.

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

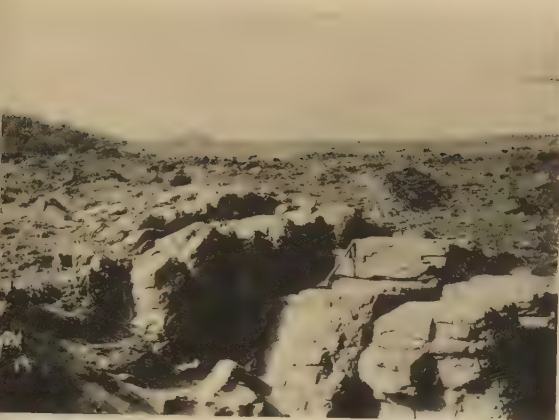
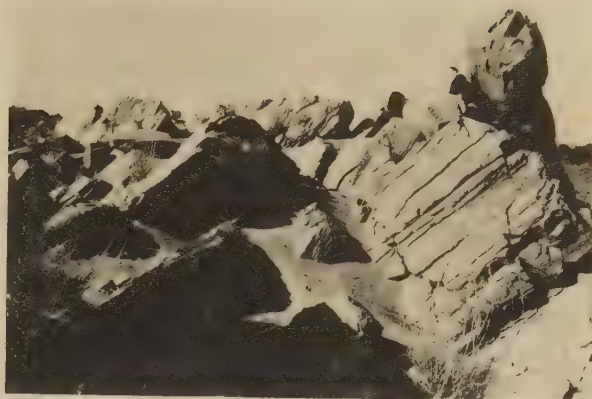


Fig. 1



Clichés A. BLANCHOT

Fig. 2

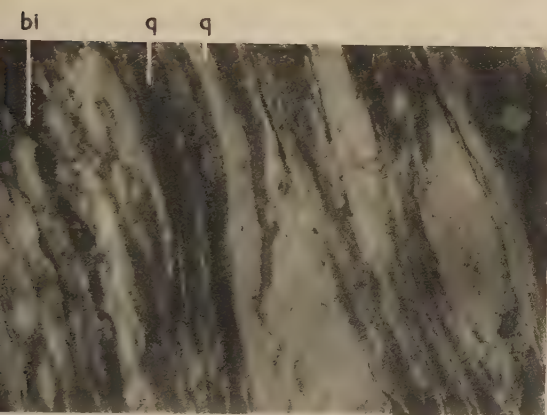


Fig. 3



Clichés E. G. A. N.

Fig. 4



Fig. 5



Clichés A. BLANCHOT

Fig. 6

Planche IX.

FIG. 1. — *Agada*, gneiss plagioclasiqne à chlorite : q = quartz, q' = inclusion de quartz dans l'oligoclase (o), ch = chlorite, ep = épidote ; la roche ne contient pas de feldspath potassique.

(L.P. X 55)

FIG. 2. — *Adheilet Ahmoud*, micaschiste à muscovite, texture orientée :
q = quartz, m = muscovite, s = séricite.

(L.P. X 36)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

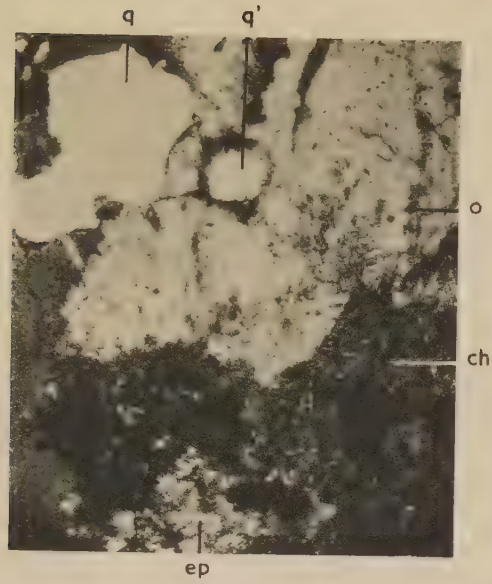


Fig. 1

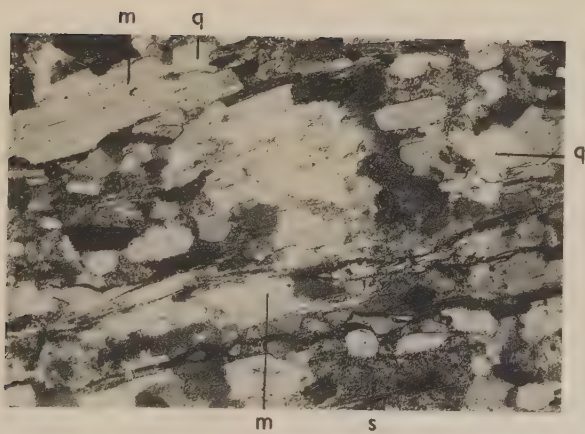


Fig. 2

Planche X.

FIG. 1. — Versant nord d'*Irarchen*.

FIG. 2. — Piton nord d'*Araguib* :

discordance de la Série d'Akjoujt sur la Série de l'Amsaga ;
la base des collines est constituée de gneiss (G) redressés à la verticale, des schistes
(*a* et *b*) à faible pendage les surmontent en discordance.

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

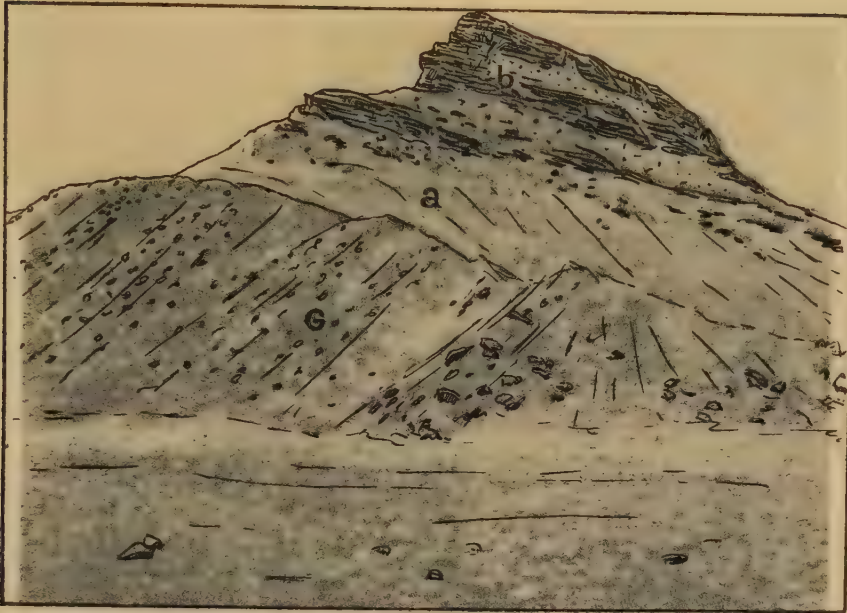


Fig 1

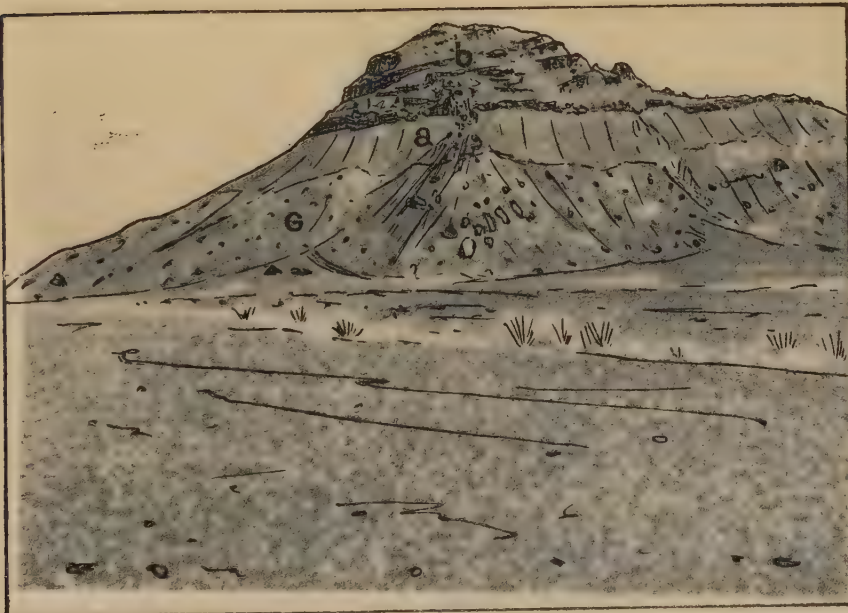


Fig 2

Le Précambrien de Mauritanie occidentale



Fig. 1



Fig. 2

Planche XI.

FIG. 1 et 2. — Piton nord d'*Araguib* :

discordance de la Série d'Akjoujt sur la Série de l'Amsaga ;
des chloritoschistes (a) et des schistes lie de vin ou verdâtre (b) recouvrent en discordance des gneiss à biotite (G) constituant le pied des collines ; la discordance est marquée par un banc de conglomérat (c).

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

Fig 1

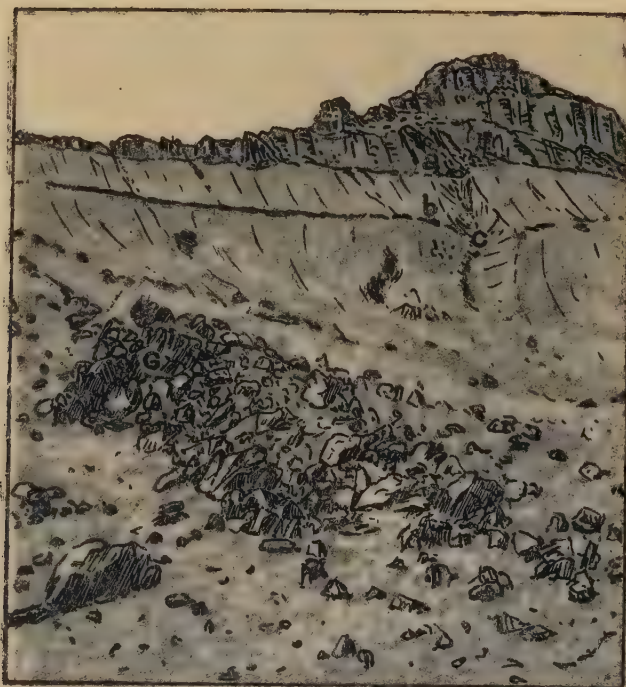


Fig 2

Le Précambrien de Mauritanie occidentale



Fig. 1



Fig. 2

Planche XII.

FIG. 1. — *Sberat*, échantillon montrant l'association du granite à biotite et du granite leucocrate ; contacts bien délimités ; filonnets d'aplogranite dans le granite à biotite.

(X 1/2)

FIG. 2. — Région de l'*Hajakħ Dekħen*, mylonite œillée, grandeur naturelle.

FIG. 3. — Région de l'*Hajakħ Dekħen*, mylonite à texture rubanée, grandeur naturelle.

FIG. 4. — *Hajakħ Dekħen*. gneiss œillé à biotite : q = fond de quartz, mi = porphyroblaste de microcline, o = oligoclase ; structure à tendance mylonitique.

(L.P. X 55)

FIG. 5. — 4 km à l'ouest de l'*Hajakħ Dekħen*, mylonite ; q = arabesques de quartz entourant les porphyroblastes, mi = porphyroblastes de microcline, b = traînées de fines lamelles de biotite, l = traînées de limonite.

(L.P. X 55)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

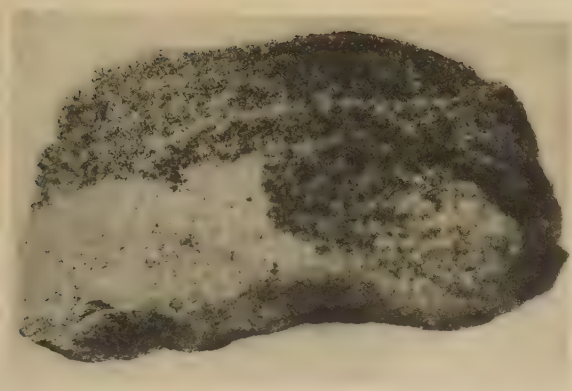


Fig. 1

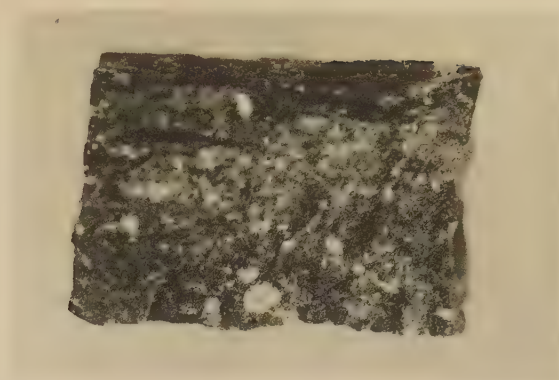


Fig. 2

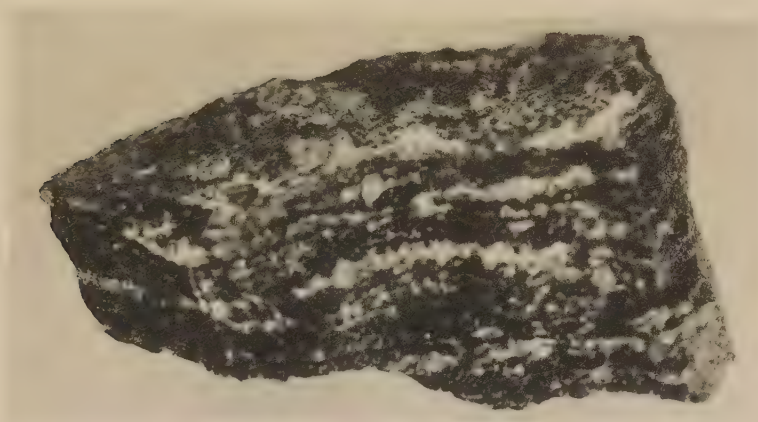


Fig. 3

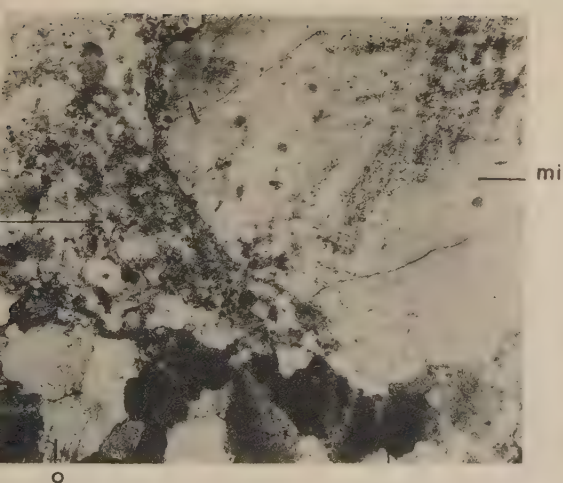


Fig. 4

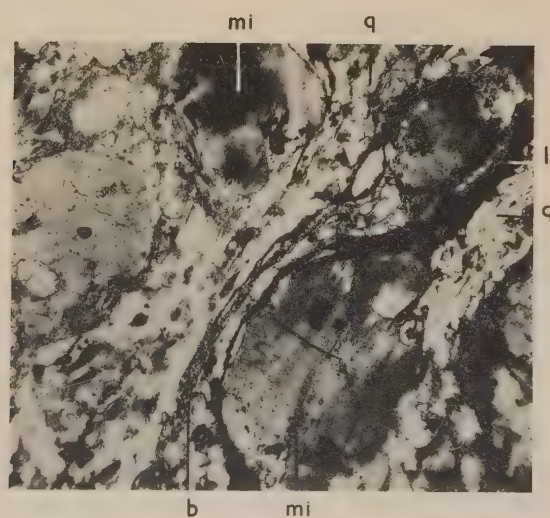


Fig. 5

Clichés E. G. A. N.

J. BRUNISSEN, imp. 30, rue Le Brun, Paris

Planche XIII.

FIG. 1. — *Région d'Aouïnet em Mlis*, granite calcoalcalin à tourmaline : q = quartz granulitique, o = oligoclase à inclusions de damourite, mi = microcline, my = myrmékite, t = tourmaline.

(L.P. X 55)

FIG. 2. — *Ioulguend*, guelb sud, granulite à tourmaline et cordiérite (au contact de gneiss à cordiérite et sillimanite) : q = quartz, o = oligoclase, mi = microcline, t = tourmaline, c = cordiérite à inclusions de sillimanite, ad = cristal d'andalousite.

(L.P. X 55)

FIG. 3. — *Région d'Aouïnet em Mlis*, corne gneissique au contact du granite et des micaschistes ; q = quartz, qa = quartz en inclusion dans le microcline, mi = microcline.

(L.P. X 55)

FIG. 4. — *Région d'Aouïnet em Mlis*, micaschiste au contact de filonnets aplitiques, aspect de corrosion de la muscovite dans laquelle se développent des gouttelettes de quartz.

(L.P. X 55)

FIG. 5. — *Est de Gleïbat Desmée*, gneiss au contact du granite et des leptynites : q = quartz, mi = microcline, o = oligoclase résiduel, ma = magnétite.

(L.P. X 55)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

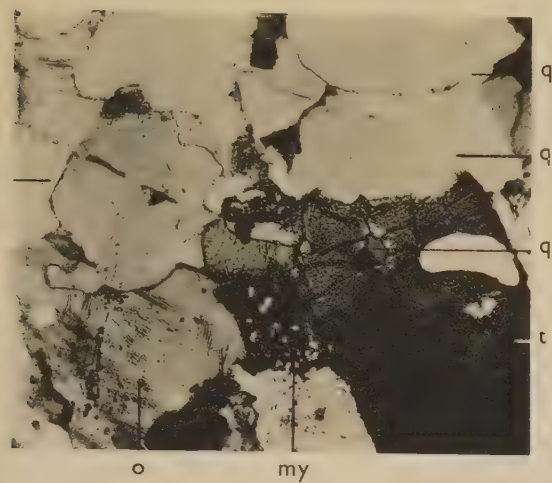


Fig. 1

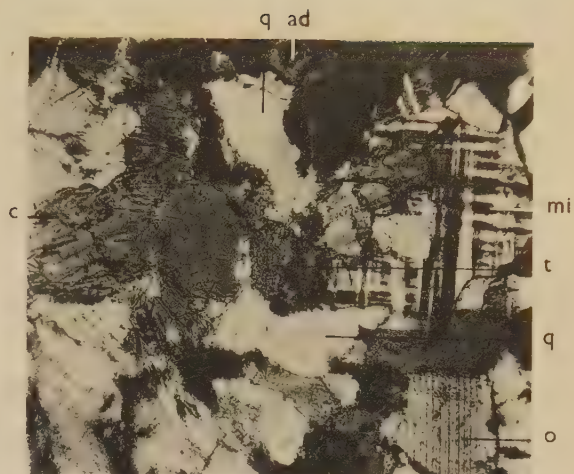


Fig. 2

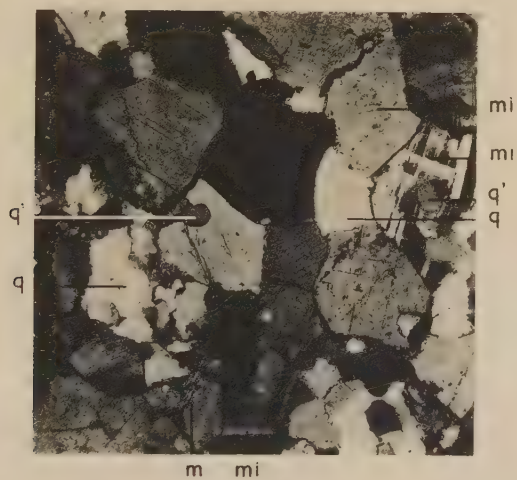


Fig. 3

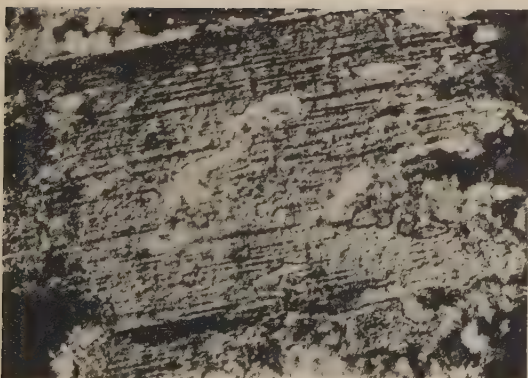


Fig. 4

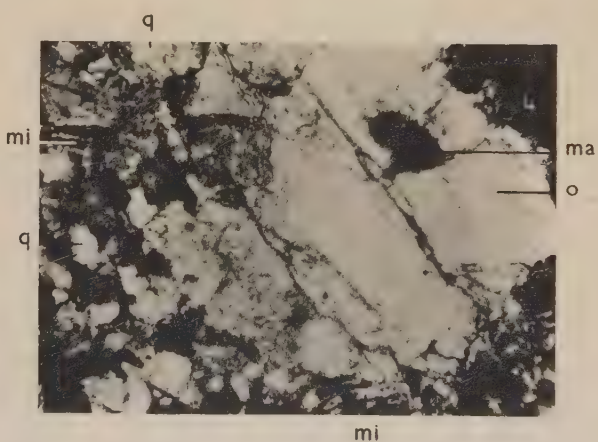


Fig. 5

Planche XIV.

FIG. 1. — *Bir Amar ould Agdebija*, migmatite rubanée.

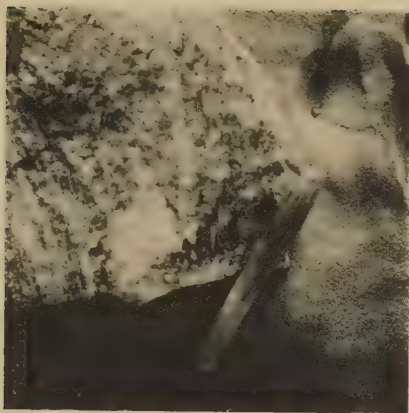
FIG. 2. — *Guelb Léguenet*, anatexite.

FIG. 3. — *Hajakħ el Hajakħ*, migmatite à texture œillée, longueur : 12 cm.

FIG. 4. — *Guelb Léguenet*, fuseau de migmatite rubanée dans le granite grenu à biotite.

FIG. 5. — *Agmimitat*, migmatite rubanée.

Le Précambrien de Mauritanie occidentale



Clichés
A. BLANCHOT

Fig. 1

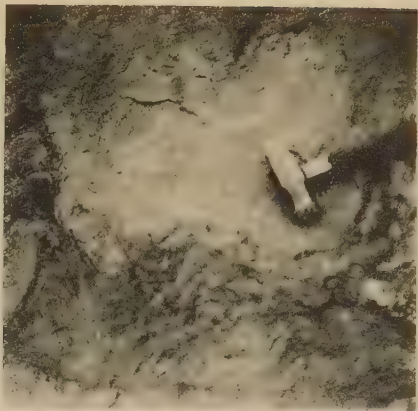
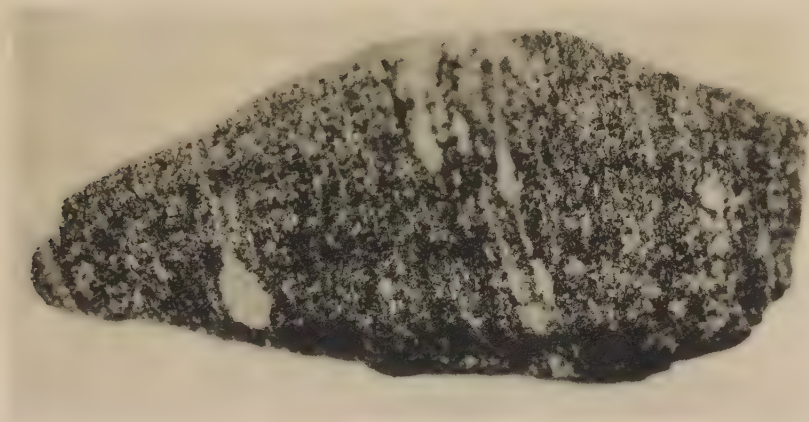


Fig. 2



Cliché E. G. A. N.

Fig. 3

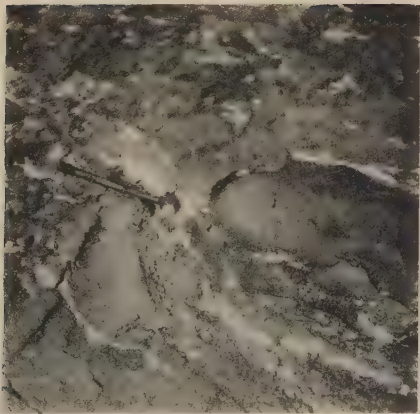


Fig. 4

Clichés A. BLANCHOT

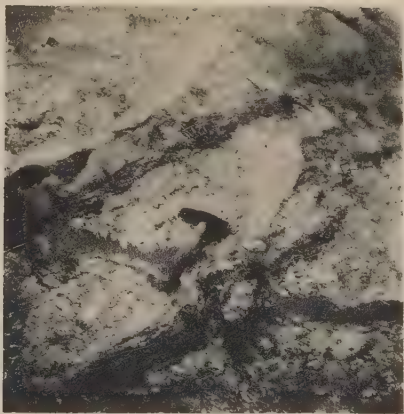


Fig. 5

Planche XV.

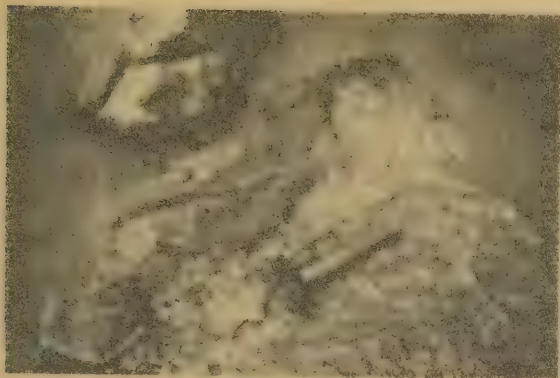
FIG. 1. — *Agmimitat*, gneiss rubané à biotite à faciès de migmatites.

FIG. 2. — *Guelb Légouet*, anatexite à biotite : q = quartz, o = oligoclase séricitisé, b = biotite en voie de chloritisation ; à noter l'étirement des grains de quartz.
(L.P. X 55)

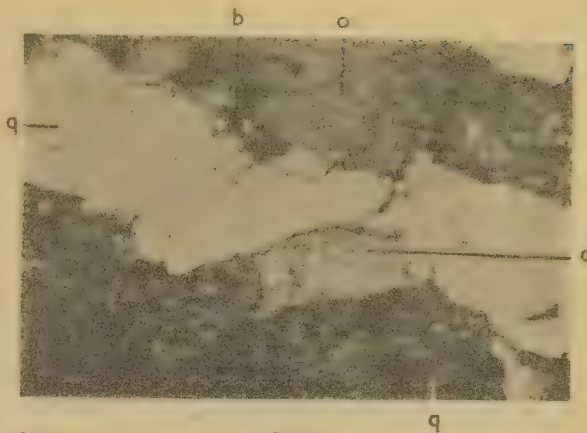
FIG. 3. — *Daya de Ténachfouil*, échantillon (grandeur naturelle) montrant le contact net des gneiss à biotite et du granite porphyroïde.

FIG. 4 et 5. — *Région de Ténachfouil*, enclaves de gneiss à biotite (a) dans le granite porphyroïde (b).

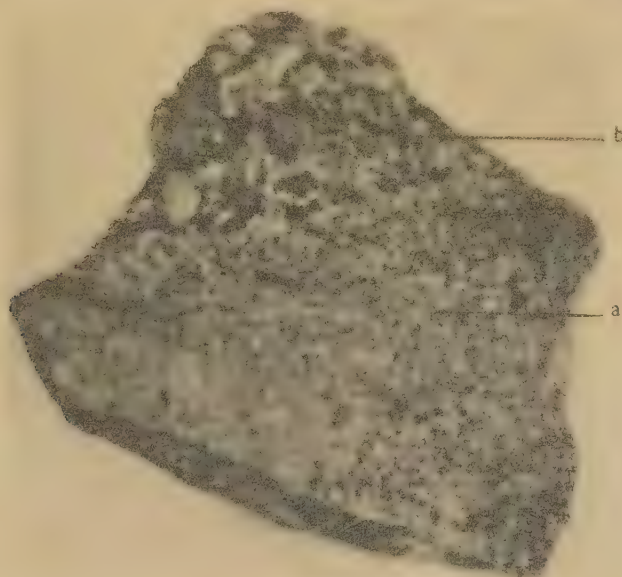
Le Précambrien de Mauritanie occidentale



Cliché A. BLANCHOT · Fig. 1



Cliché E. G. A. N. Fig. 2



Cliché E. G. A. N.

Fig. 3

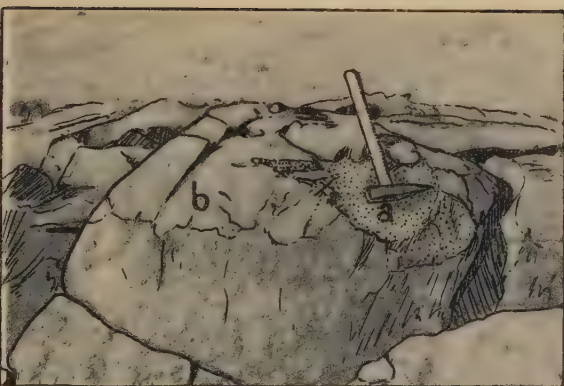


Fig. 4

Clichés A. BLANCHOT

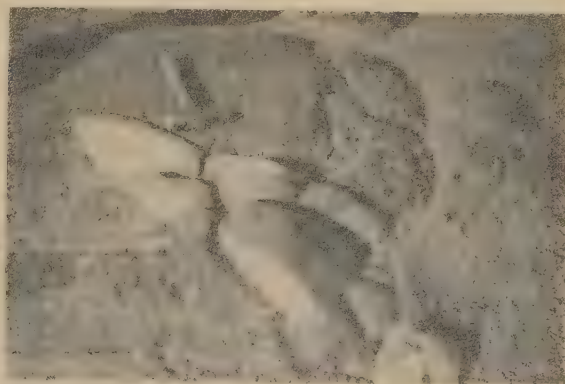
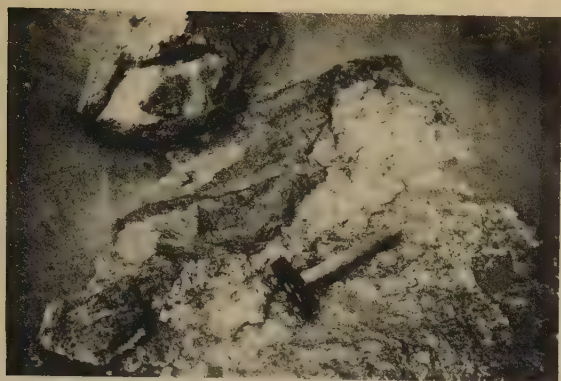


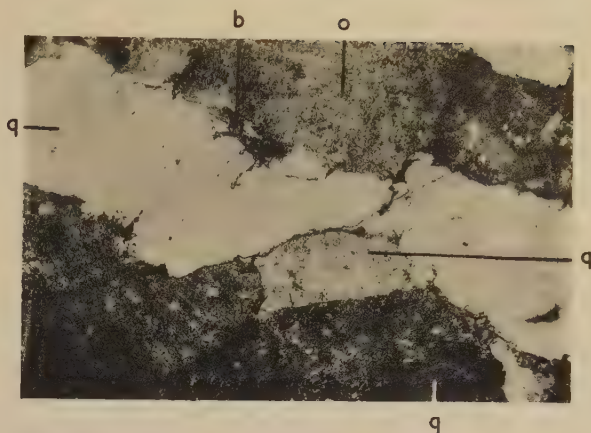
Fig. 5

Le Précambrien de Mauritanie occidentale



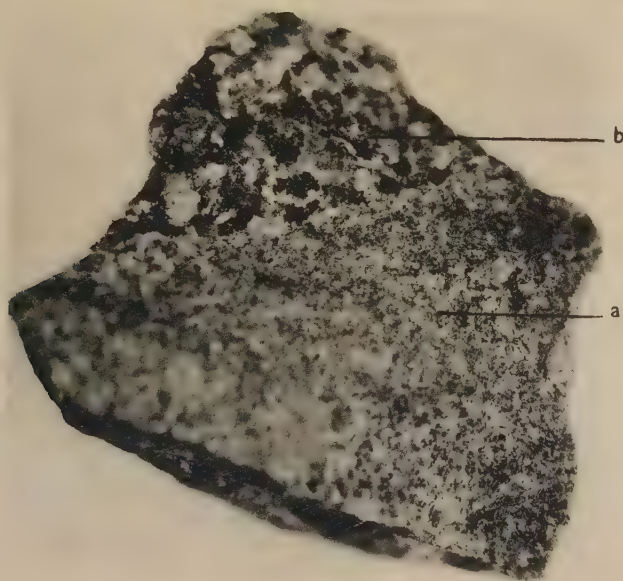
Cliché A. BLANCHOT

Fig. 1



Cliché E. G. A. N.

Fig. 2



Cliché E. G. A. N.

Fig. 3

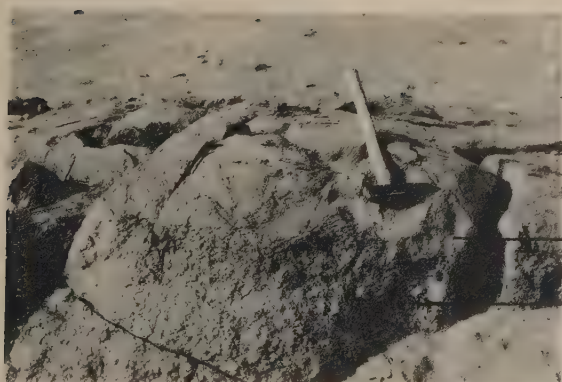


Fig. 4



Fig. 5

Clichés A. BLANCHOT

Planche XVI.

- FIG. 1. — 4 km au nord de l'*Arériate el Khader*, micaschiste grenatifère à deux micas :
q = quartz, m = muscovite, b = biotite, g = grenat en voie de chloritisation.
(L.P. X 36)
- FIG. 2. — 6 km au sud de *Aguelt Sidi*, quartzite à muscovite : q = quartz constituant le fond
de la roche, m = muscovite en grosses lames.
(L.P. X 36)
- FIG. 3. — 5 km au sud d'*Aguelt Sidi*, gneiss à biotite (sans doute d'origine para) : texture
orientée, très laminée.
(L.N. X 55)
- FIG. 4. — Même échantillon que fig. 3 : q = fond de quartz, a = albite altérée, b = traînée
de biotite, e = épidote et séricite.
(L.P. X 55)
- FIG. 5. — Entre *Aguelt Sidi* et *Hajakħ Dekħen*, gneiss à muscovite et épidote : q = purée
de quartz, o = oligoclase basique, m = muscovite, e = grains d'épidote, z = grains
de zoïsite.
(L.P. X 36)
- FIG. 6. — 1 km au sud de *el Hajakħ Dekħen*, gneiss grenatifère à biotite, texture à résidus :
q = lit de quartz et de phyllites, an = porphyroblastes d'andésine, g = fragments
de grenat écrasé, p = cubes de pyrite.
(L.N. X 55)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

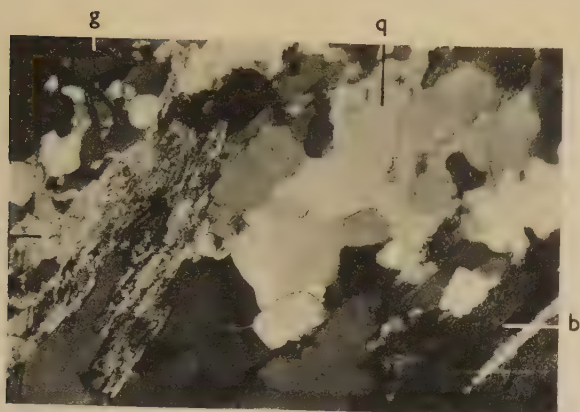


Fig. 1

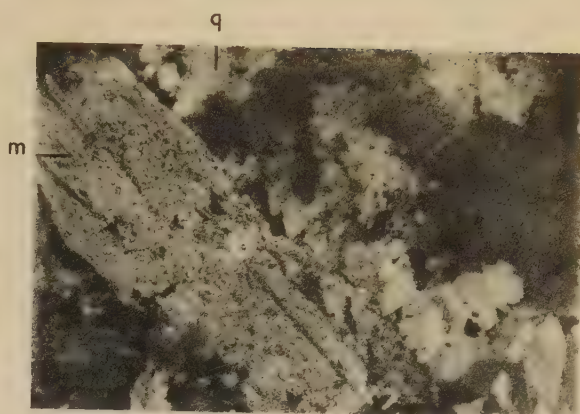


Fig. 2

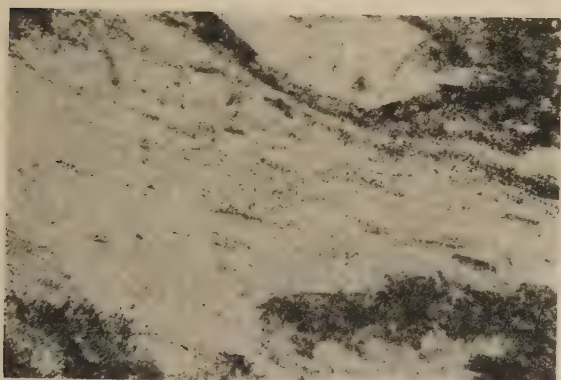


Fig. 3

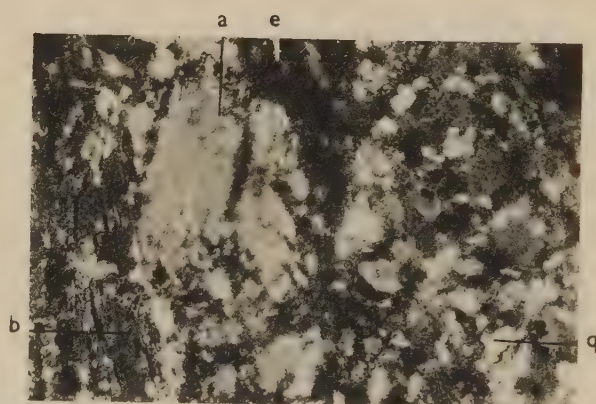


Fig. 4

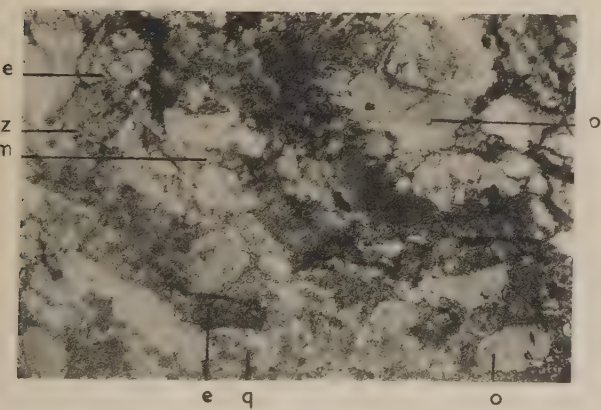


Fig. 5

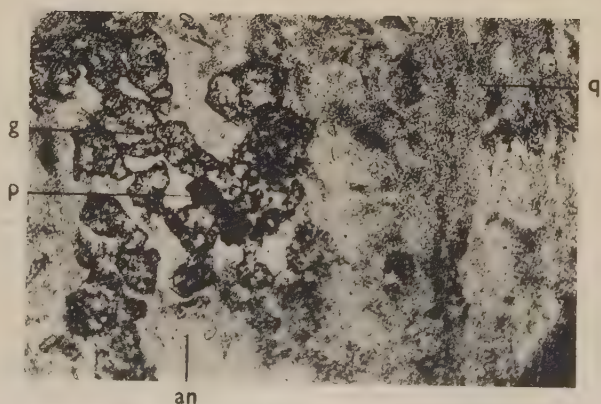


Fig. 6

Clichés E. G. A. N.

J. BRUNISSEN, imp. 30, rue Le Brun, Paris

Planche XVII.

- FIG. 1. — *Aouéoua*, gabbro en cours d'ouraltisation, structure largement intersertale :
l = labrador-andésine, au = augite, ou = ouralite, ma = magnétite, mp = micro-pegmatite.
(L.P. X 36)
- FIG. 2. — *Aouéoua*, amphibolite, structure lépidoblastique : q = amas de petits grains de quartz, h = hornblende verte constituant le fond de la roche, ma = magnétite.
(L.N. X 36)
- FIG. 3. — *Nich*, gabbro complètement ouraltisé : q = amas de petits grains de quartz secondaire, q' = filonnet de quartz, an = andésine saussuritisée, h = hornblende verte, z = zoïsite, ma = magnétite.
(L.N. X 36)
- FIG. 4. — *Nich*, schiste amphibolique, texture orientée : q = agrégat de quartz, h = hornblende verte, ma = magnétite.
(L.N. X 55)
- FIG. 5. — *Tidjaraten*, gabbro intrapaléozoïque : l = labrador, au = augite pigeonitique moulant le plagioclase, hy = hypersthène.
(L.P. X 55)

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

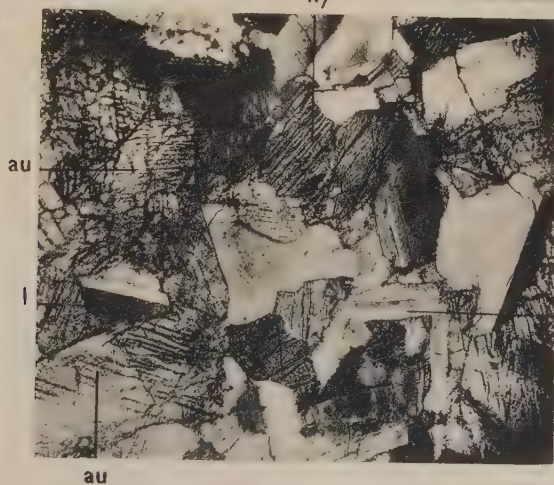
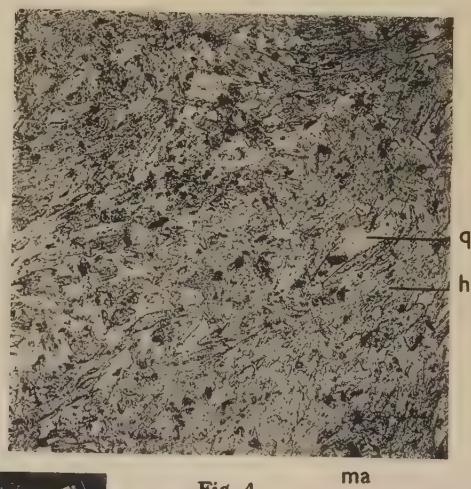
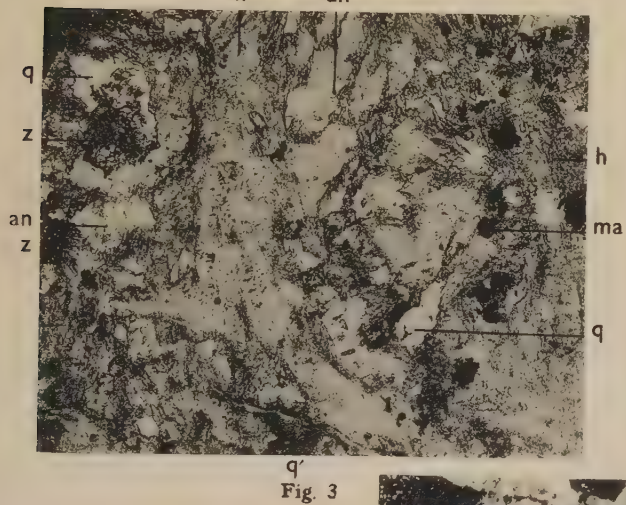
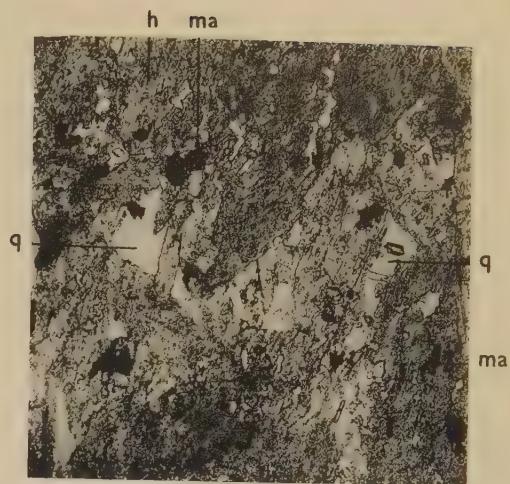
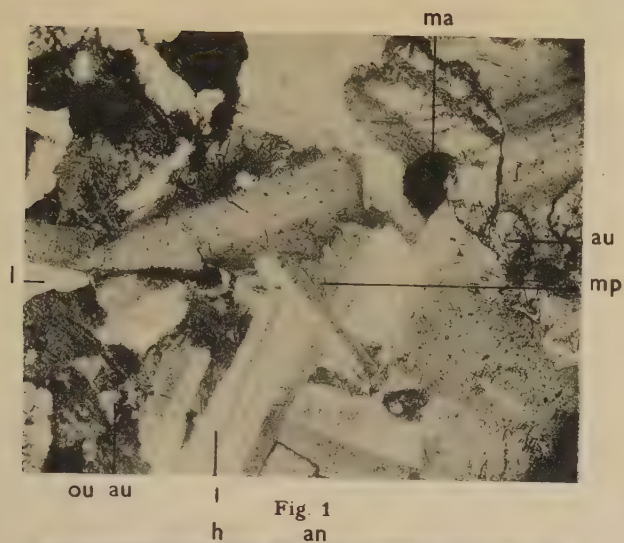


Planche XVIII.

FIG. 1 et 2. — *Ahmeyim*, intrusions de gabbro (a) ouralitisé dans le granite à biotite (b).

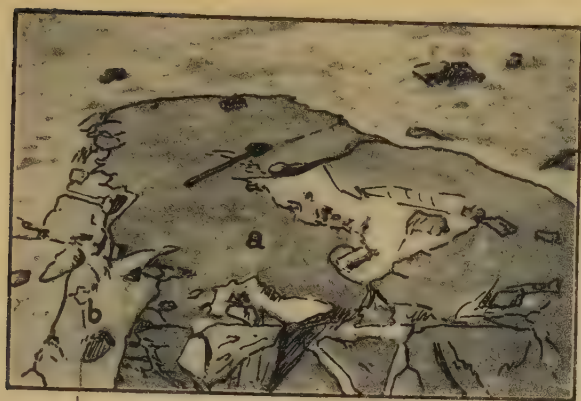
FIG. 3. — *Sattle Maguel*, dyke de gabbro ouralitisé intrusif dans le granite à biotite.

FIG. 4. — *Ahmeyim*, dolérite ouralitisée dans granite à biotite ; longueur de l'échantillon : 75 mm, puissance du filon de dolérite : 27 mm.

FIG. 5. — Même échantillon vu en lame mince : a) dolérite ouralitisée, b) granite ayant en ce point la composition d'une diorite quartzique ; m = zone riche en magnétite.

(L.N. X 21)

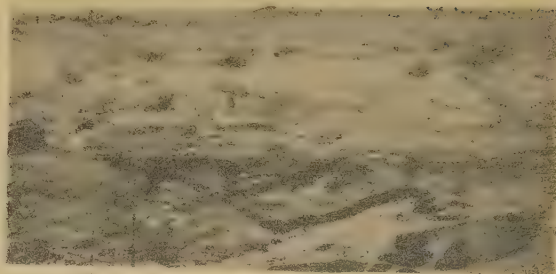
Le Précambrien de Mauritanie occidentale



b a

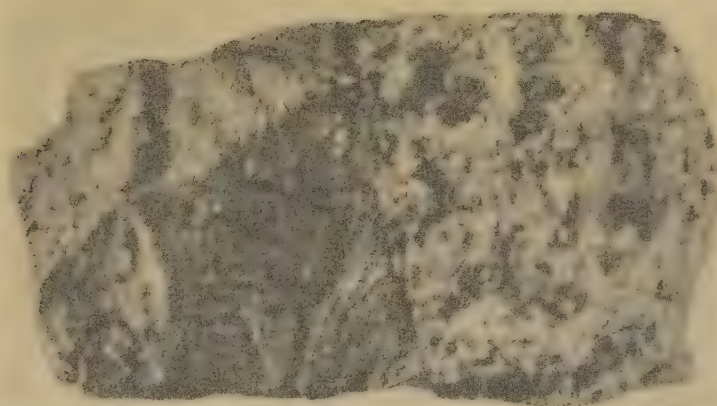
Fig. 1

Clichés A. BLANCHOT



b a

Fig. 2



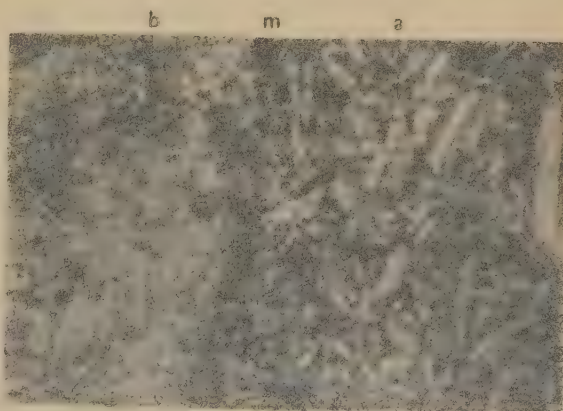
Cliché E. G. A. N.

Fig. 4



Cliché A. BLANCHOT

Fig. 3



b m a

Cliché E. G. A. N.

Fig. 5

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

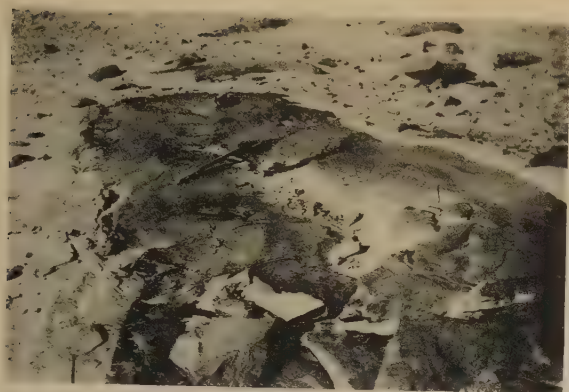


Fig. 1

Clichés A. BLANCHOT



Fig. 2

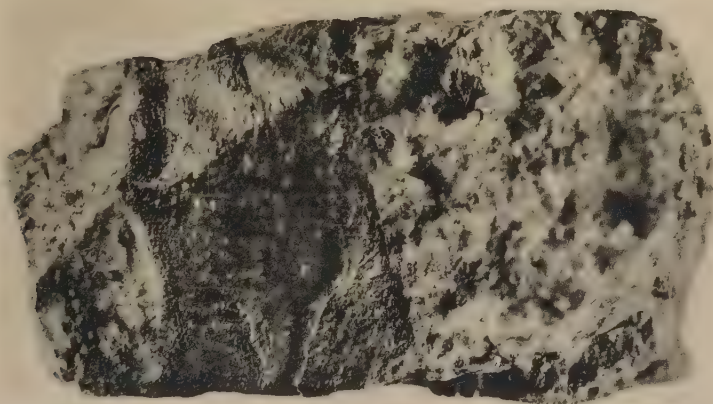


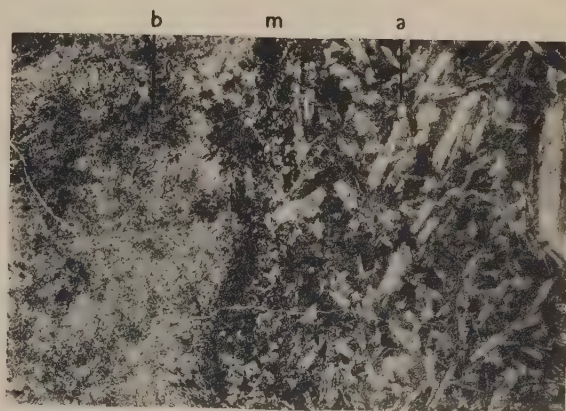
Fig. 4

Cliché E. G. A. N.



Cliché A. BLANCHOT

Fig. 3



Cliché E. G. A. N.

Fig. 5

Planche XIX.

FIG. 1. — *Guelb Moghrein*, vue générale des deux collines (versant oriental).

FIG. 2. — *Guelb Moghrein*, le piton de forme caractéristique de la colline orientale.
Le piton est en hématite, l'épaulement en amphibolite.

Le Précambrien de Mauritanie occidentale

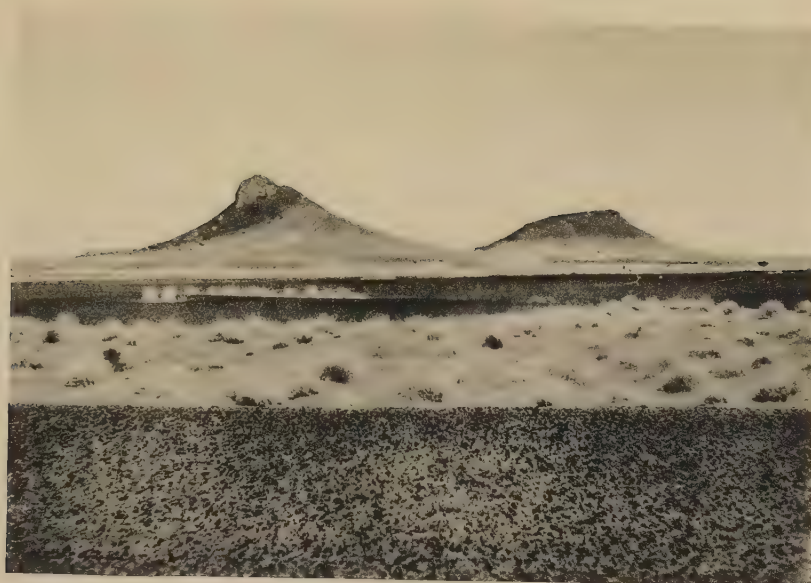


Fig. 1



Fig. 2

Planche XX.

FIG. 1. — *Guelb Moghrein*, colline occidentale. Remarquer le débit en dalles de l'hématite.

FIG. 2. — *Guelb Moghrein*, chantier de sondage à la couronne diamantée (entreprise Bachy).
Vue prise du sommet de la colline occidentale.

Le Précambrien de Mauritanie occidentale



Fig. 1



Fig. 2

TABLE DES FIGURES

FIG. 1. — Régions naturelles de Mauritanie occidentale	18
FIG. 2. — Schéma géologique de la Mauritanie occidentale	28
FIG. 3. — Gneiss à hypersthène de guelb Mint Sidi Baba, vu au microscope ($\times 100$)	52
FIG. 4. — Gneiss à hypersthène de guelb Mint Sidi Baba, vu au microscope ($\times 300$)	55
FIG. 5. — Coupe schématique de Adraye	60
FIG. 6. — Rmemimat, échantillon récolté au contact des leptynites et des gneiss à biotite	61
FIG. 7, 8 et 9. — Contact des gneiss alumineux et des gneiss à hypersthène (diagrammes)	63
FIG. 10. — Diagramme A. C. F., faciès amphibolite, sous-faciès sillimanite- almandin	68
FIG. 11. — Diagramme représentant les variations de composition des gneiss à hypersthène de la Série de l'Amsaga	72
FIG. 12. — Diagramme représentant les variations de composition des gneiss à hypersthène de la Série de l'Amsaga (courbes extrapolées)	73
FIG. 13. — Gneiss à hypersthène de la Série de l'Amsaga (courbes extrapolées superposées et points singuliers)	74
FIG. 14. — Diagramme représentant les variations de composition de la Série de la Charnockite de l'Inde	76
FIG. 15. — Diagramme représentant les variations de composition de la Série hypersthénique de Norvège (courbes extrapolées)	78
FIG. 16. — Diagramme représentant les variations de composition de la Série hypersthénique de Finlande (courbes extrapolées)	78
FIG. 17. — Diagramme représentant les variations de composition de la Série hypersthénique de l'Uganda (courbes extrapolées)	80
FIG. 18. — Diagramme représentant les variations de composition de la Série hypersthénique de Côte d'Ivoire (courbes extrapolées)	82
FIG. 19. — Variations de composition de la Série hypersthénique, courbe extra- pôlée $al = f (si)$	84
FIG. 20. — Variations de composition de la Série hypersthénique, courbe extra- pôlée $fm = f (si)$	85
FIG. 21. — Variations de composition de la Série hypersthénique, courbe extra- pôlée $c = f (si)$	86
FIG. 22. — Variations de composition de la Série hypersthénique, courbe extra- pôlée $alk = f (si)$	88
FIG. 23. — Variations de composition de la Série hypersthénique, points remar- quables	89
FIG. 24. — Diagramme A. C. F., faciès « granulite », répartition théorique des différentes formes	92

FIG. 25. — Diagramme A. C. F., faciès « granulite », roches de Finlande	93
FIG. 26. — Diagramme A. C. F., faciès « granulite », roches de Mauritanie occidentale	94
FIG. 27. — Coupes et observations du contact, brèche-quartzite, de la koédia d'Idjil	106
FIG. 28. — Croquis de la koédia d'Idjil pris depuis le sommet de la Montagne de Fer	110
FIG. 29. — Coupe du ravin central débouchant sur la face sud de la koédia Tabrinkout	117
FIG. 30. — Coupe de la face occidentale de l'Atomaye	117
FIG. 31. — Bir Iguéni, colline septentrionale, « veines » de granite leucocrate à l'intérieur du granite à biotite	140
FIG. 32. — Diagramme de la composition chimique des feldspaths (paramètre de LACROIX)	146
FIG. 33. — Variations de composition des granites postérieurs à la Série d'Akjoujt.	147
FIG. 34. — Granites postérieurs à la Série d'Akjoujt, paramètres de NIGGLI. courbes extrapolées	148
FIG. 35. — Granites postérieurs à la Série d'Akjoujt, points remarquables des courbes extrapolées	149
FIG. 36. — Granites postérieurs à la Série d'Akjoujt, paramètres k et mg	150
FIG. 37. — Aouinet em Mlis, filonnets de granite dans des micaschistes à muscovite	151
FIG. 38. — Contact de gneiss à biotite et de granite porphyroïde à 4 km à l'ouest de Toujounine es Srir	154
FIG. 39. — Contact de gneiss à biotite et de granite porphyroïde, affleurement observé entre Char et guelb Diago	155
FIG. 40. — Bloc observé entre Touyerma et guelb Aboul	158
FIG. 41. — Contact granites-gneiss à cordiérite et sillimanite (diagramme)	158
FIG. 42. — Contact des granites et de la Série d'Akjoujt (diagramme)	168
FIG. 43. — Section polie d'un galet minéralisé de l'oued Jennin	188
FIG. 44. — Coupe schématique du Précambrien de Mauritanie occidentale	194

TABLE DES PLANCHES HORS-TEXTE

PLANCHE 1 : Tableau des caractères microscopiques des différents types de leptynites	44
PLANCHE 2 : Tableau des caractères microscopiques des principaux types de gneiss à biotite	48
PLANCHE 3 : Tableau des caractères microscopiques des différents types de gneiss à hypersthène	54
PLANCHE 4 : Données numériques pour la construction du diagramme de la figure 10.	70
PLANCHE 5 : Données numériques pour la construction des diagrammes des figures 24-25 et 26	96
PLANCHE 6 : Tableaux d'analyses.....	98
PLANCHE A : Tectonique de la Série de l'Amsaga	100
PLANCHE 7 : Caractères minéralogiques des granites à biotite.....	128
PLANCHE 8 : Caractères minéralogiques des granites porphyroïdes.....	132
PLANCHE B : Etude géologique des guelb Moghreïn	182
PLANCHES I à XX : Photos et microphotos de roches	

En pochette dans la couverture :

- Carte géologique en couleurs au 50.000 de l'horizon d'Agueli Sidi.
- Carte géologique en couleurs au 100.000 de la koudia d'Idjil.
- Cartes géologiques régulières en couleurs au 500.000 des feuilles :
 - Idjil-E N° NF 28 - NE - E - 143
 - Atar-E N° NF 28 - SE - E - 125
 - Atar-O N° NF 28 - SE - O - 124
 - Akjoujt-O N° NF 28 - SO - E - 123
 - Port-Etienne-E N° NE 28 - NE - O - 101

DEUXIEME THESE

Proposition donnée par la Faculté :

**Les Formations récentes de Mauritanie Occidentale
et leur hydrogéologie.**

VU ET APPROUVÉ :

Nancy, le 24 septembre 1953.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,
URION.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Nancy, le 25 septembre 1953.

Le Recteur de l'Académie de Nancy,

Pour le Recteur :

Le Doyen délégué : M. CRESSOT.

